

また、三柴丈典<sup>7)</sup>は自主対応の発展形として対話型の安全衛生政策を提案している。これら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>7)</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。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、この点も考慮し、筆者らが提案している根拠に基づく安全理論（EBS）の更なる検討を進めた。この詳細は、本安全工学シンポジウムの別のセッションで詳細を報告する。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。

### 5. 法規制案に関する検討

実際の労働安全の現場では、自主対応と対話だけですべての問題が解決できるわけではなく、多発する労働災害を防止するために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、今後は自主と強制の連携によって、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。

図1は、以上の観点から今後の日本で望まれる法規制及び社会制度のあり方を示したものである。この場合の法規制案としては、具体的には次のようなものが考えられる。

#### 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それ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、体系的な機械安全規格（図2参照）、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。例えば、近年、安全技術の国際化が急速に進展したことによって、一部の有識者や国際競争の場で活躍している企業の担当者などからは“機械安全に関する規制を日本と欧州で完全に整合化すべき”、“日本でも ISO/IEC 規格をそのまま強制法規として採用すべき”との意見がある。

一方で、特に日本国内の中小零細企業からは

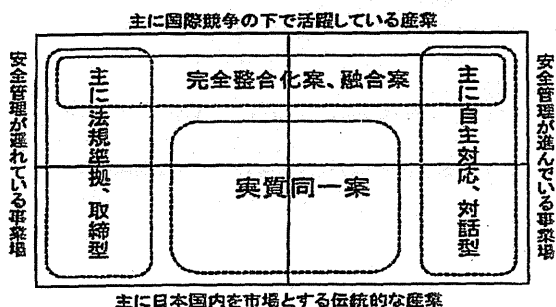


図1 機械安全に関する法規制と社会制度のマップ

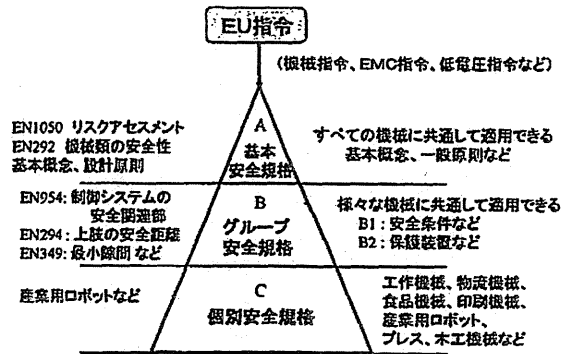


図2 欧州安全規格の体系

“過度の国際整合化はコストアップに繋がるだけで、技術力の点からも対応に不安がある”との意見も根強い。したがって、本案の検討にあたっては、働く人の安全を確実に確保した上で、上記の意見を踏まえた対応が必要と考えられる。

#### 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（ガードや保護装置）及び制御システムの安全関連部に対する方策（インタロック、フェールセーフ、クランプ解除など）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関係法令に規定する案である。

図3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を基本要素とした。

以上の案では、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及び制御システムの安全関連部に対する方策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、筆者らが約10年前に実施した機械に起因する労働災害の分析結果<sup>8)</sup>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2に、この分析結果をまとめた結果を示す。この分析では、定置式の機械を対象に、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>8)</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

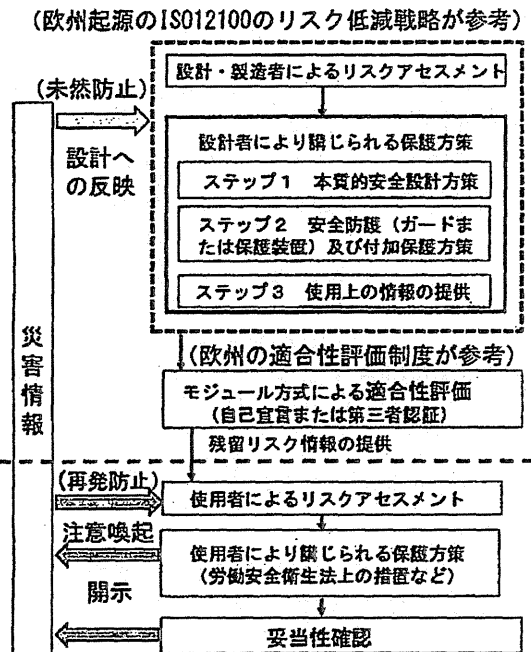


図3 実質同一案に基づく災害防止戦略

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。

### 3) 完全整合化案と実質同一案の融合

有識者からの意見では、働く人の安全と企業の国際競争力の強化を両立させる方策も要請されている。このときに考えられるのが、完全整合化案と実質同一案の融合である。

具体的には、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及び制御システムの安全関連部に対する方策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

表2 保護方策の不具合に関連した災害

	設備の種類	件数
①	固定式ガード	38 (29.4%)
②	インターロック式ガード	57 (44.2%)
③	① + ② (ガード)	73 (56.6%)
④	保護装置	25 (19.4%)
⑤	制御システムの安全関連部	26 (20.2%)
	総計	86 (66.7%)

・本表で発生した産業機械による死亡労働災害120件を分析したところ、設備対策の不具合に起因した災害が66.7%を占めていた。  
 ・①～⑤には重複あり。括まれ、巻き込まれ災害125件、激突され災害4件。ただし、取付系等保護装置機械と建設機械は分析の対象から除外。

設けるなどの方法が考えられる。ただし、この案では労働安全衛生規則とISO/IECなどに規定された安全性に関する内容の水準が実質的に同等でないとおそれがある。このため、機械安全に関して基本理念の統一を図るなどの方策が必要となる。

### 5. おわりに

以上、機械安全規制を対象とした日本における社会制度について考察した。この要点をまと

めると次のようになる。

- 1) 安全を何よりも最優先するという共通認識、
- 2) 関係者の協力と連携による現場力の高度化、
- 3) 安全はコストでなく新たな価値を創造するための投資という考え方、
- 4) 日本の現場力と欧州の機械安全技術の高次元での融合、
- 5) イギリスの自主対応と日本の自主的活動の高次の次元での融合、
- 6) 自主対応及び対話型の根拠(エビデンス)とプロセス(戦略)の明確化するための根拠に基づく安全理論(EBS)の構築、
- 7) 法規制のあり方として、完全整合化案、実質同一案、及び融合案の提案

以上のような提案の実施は、日本社会に余裕があった時代であれば比較的可能であったかもしれない。しかし、最近の経済の低迷等に起因して、企業や官庁でも安全管理や安全技術の専門家の活躍が一層困難となっている。

また、日本の現場力や働く人の影響力も以前と比較して相対的に低下している。このような現状では、上記1)～7)の実現は至難の技と言わざるを得ない。しかし、技術や制度の進歩は紆余曲折を伴うものであり、来るべき未来にこのような提案が真剣に取り上げられることを確信して本提案を行った。

### 謝 辞

本稿は、厚生労働科学研究費“機械安全規制における世界戦略へ対応するための法規制等基盤整備に関する調査研究”(H25-労働一般-001)の補助金による成果を踏まえて作成したものである。本補助金の提供に御尽力頂いた関係各位に深い謝意を表す。

### 文 献

- 1) 厚生労働科学研究費平成26年度総括研究年度終了報告書、機械安全規制における世界戦略へ対応するための法規制等基盤整備に関する調査研究、(2015)
- 2) 梅崎重夫・福田隆文・齋藤剛・清水尚憲・木村哲也・濱島京子ほか、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
- 3) 遠藤功、現場力の教科書、光文社新書(2012)
- 4) 労働省安全課監修、これからの安全技術—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—、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
- 5) 古澤登、元気な職場を作る実践的安全活動、中災防新書(2012)
- 6) 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)
- 7) 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、厚生労働科学研究費補助金総括研究報告書
- 8) 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

## 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

梅崎重夫<sup>†</sup> 濱島京子<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> (独) 労働安全衛生総合研究所 機械システム安全研究グループ 〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6

<sup>‡</sup> (独) 労働安全衛生総合研究所 電気安全研究グループ

あらまし 日本の強みは、鉄鋼・自動車・化学などの分野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、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や社会制度を構築できる可能性がある。これらは人的対策と設備対策のどちらに重点を置くかという違いはあるが、いずれも過去の災害の経験に基づく帰納的方策である。一方で、大規模で複雑なシステムでは、これまで経験しなかった未知の災害が発生する場合もあり、過去の経験に頼るだけでは十分でない。そこで、人間機械システムを一般的なモデルで表し、このモデルの解析によって災害防止対策を導出する演繹的方策も併せて提案している。本稿では、既に提案したEBS理論を踏まえた上で、帰納的方策と演繹的方策を連携させた新たな戦略の提案を試みる。この戦略では、①現場力の活用、②管理区分方式の演繹的方策を基本とする災害防止戦略の構築、③機械の使用段階に実施する妥当性確認の前提条件の明確化、④成功情報（好事例に関する情報など）や失敗情報（災害情報など）のフィードバックが特に重要と考えられる。

キーワード 機械安全、法規制、社会制度、EBS (Evidence-Based Safety)

### Proposal of a new social system for safety of machinery by implementing Japanese onsite capabilities.

Shigeo UMEZAKI<sup>†</sup> Kyoko HAMAJIMA<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>Mechanical System Safety Research Group, National Institute of Occupational Safety and Health, Japan (JNIOSH), Umezono 1-4-6, Kiyose, Tokyo 204-0024 E-mail: umezaki@s.jniosh.go.jp

<sup>‡</sup>Electrical Safety Research Group, JNIOSH

**Abstract** An advantage of Japan is that high-quality safety management and production technologies have been implemented at worksites in the steel, automotive, and chemical industries. If European technologies and social systems for safety of machinery are appropriately implemented on the basis of these “onsite capabilities,” new types of technologies and systems based on Japan’s own onsite capabilities may be created. These are inductive methods based on experience of past accidents. In a large-scale complicated system, an unknown disaster may occur. Relying on only past experiences is therefore insufficient for effective measures. Accordingly, we have also proposed a deductive method, in which a human-machine system is expressed by a general model, which is then analyzed to derive disaster prevention measures. On the basis of already-proposed evidence-based safety theory, this study formulates a new strategy, wherein inductive and deductive methods are integrated. In this strategy, our particularly important principles are (1) to use onsite capabilities; (2) to propose a accident prevention measures that adopts a deductive methods of management classification; (3) to clarify prerequisites of validation when using a machine; and (4) to acquire feedback regarding disaster information or good practice information.

**Keywords** Safety of machinery, Regulation of law, Social system, EBS(Evidence-Based Safety)

#### 1. はじめに

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、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。このため、筆者らは、厚生労働科学研究費「機械安全規制における世界戦略へ対応するための法規制等基盤整備に関する調査研究」において、日本の現場力と欧州の機械安全技術の連携によって機械に起因する労働災害の大幅な減少を図る方策を提案している<sup>1)</sup>。

これらの方策は人的対策と設備対策のどちらに重点を置くかという違いはあるものの、いずれも過去の災害の経験に基づいて方策を講じるという点では共通している。以後、このような方策を帰納的方策と呼ぶ。

一方で、大規模で複雑なシステムでは、これまで経験しなかった未知の災害が発生する場合もあり、過去の経験に頼るだけでは十分

でないときも考えられる。このため、筆者らは人間機械システムを一般的なモデルで表し、このモデルの解析によって災害防止対策を演繹的に導出する方式も併せて提案している<sup>2)</sup>。以後、この方式を演繹的方策と呼ぶ。

本稿では、2014年6月の安全技術講演会（以下、前報と呼ぶ）<sup>3)</sup>、著者らが提案している根拠に基づく安全理論（EBS: Evidence-Based Safety）と現場力の活用<sup>4)</sup>、及び演繹的方策としての管理区分方式による労働災害防止戦略<sup>5)</sup>の成果を踏まえた上で、帰納的方策と演繹的方策を連携させた新たな戦略の提案を試みる。このような戦略の実施によって、働く人の安全（労働者保護）だけでなく、企業の国際競争力の強化を目指す。

#### 2. EBS理論に基づく社会制度

図1に、本研究で提案する根拠に基づく安全理論（EBS）の体系図を示す。この体系では、安全管理上の留意点として、再発防止から未然防止、件数重視から重篤度重視及び想定外に対する対策が重要となる。以下、図1の体系で特に重要と考えられる要点を示す。

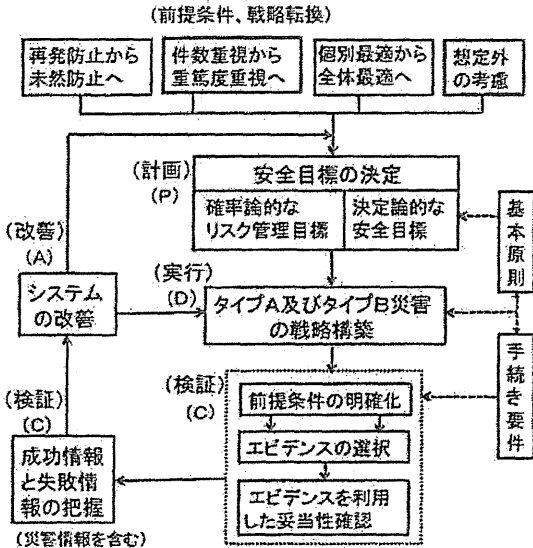


図1 根拠に基づく安全理論(EBS)の体系図

### 2.1 労働災害の種類

最初に、EBS理論で対象とする労働災害の種類を考察する。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2参照)<sup>3)</sup>。このうち、タイプA災害は死亡や後遺障害を伴う重篤度の高いタイプA1と、比較的軽度の低いタイプA2に分けられる。

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、軽微な不慮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、死亡や後遺障害を伴うタイプA1災害や、企業経営に甚大な影響を与える爆発・火災などの重篤なタイプB災害が発生することがある。筆者らは、このような問題を解決するには、件数重視から重篤度重視への戦略転換が特に重要と考える。実際、筆者らが災害多発機械であるプレス機械、食品機械、及びコンベヤーの労働災害を分析した結果によれば、死亡や永久障害を伴う災害の労働

N	区分	危害のひどさ	危害の発生確率	分類
1	タイプA1	大	大	災害多発機械
2	タイプA2	小	大	
3	タイプB	甚大	小	重篤災害

図2 タイプA災害とタイプB災害

損失日数は全損失の8~9割と圧倒的であった(図3参照)。この結果からも、重篤度を重視した対策の妥当性が推察できる。

また、最近、化学プラントなどで一度に3人以上が死傷する重大災害が頻発している。この原因としては、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している。このため、筆者らが提案しているEBS理論では、以上の観点から労働災害防止対策のあり方について抜本的見直しを行っている。

### 2.2 安全目標の設定

次に、前述した議論を踏まえた上で、タイプAとタイプBの労働災害の安全目標を考察する<sup>4)</sup>。このうち、過去に繰り返し発生しているタイプA災害では、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HSEが示す $10^{-6}$ 回/年未満の死亡災害の発生件数など)の設定が社会的には必要かもしれない。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。

以上は社会的観点からの目標設定であるが、個人を対象とした場合の目標設定のあり方はやや異なる。例えば、労働者個人にとっては、軽微な労働災害(タイプA2。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、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、死亡や永久障害を伴う重篤なタイプA1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3に、以上の点を考慮して全目標のあり方をまとめた。図で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)とタイプA2災害の個人的安全目標(領域IIの一部)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。

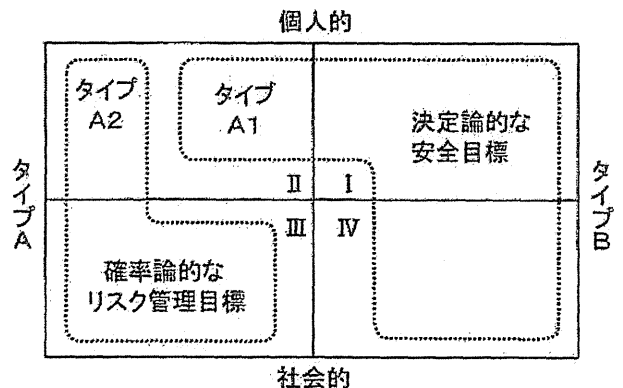


図3 社会的な安全目標と個人的な安全目標

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」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対策が実施される。しかし、絶対安全は困難で、決定論の方策を採用しても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、決定論の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の方策では、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。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も確実に実施

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、これら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と考える。

### 2.3 エビデンスに基づく妥当性確認

次に、設定した安全目標を達成したか否かをエビデンスに基づいて確認する。これを妥当性確認と呼ぶ。

一般にエビデンスという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の体系では情報、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を特徴とする。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“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”、“ヒューマン・エラーの背後に潜在する根本原因を重視する”、“安全が危険が分からない不確定なものはすべて危険とみなす”（機械安全分野の予防原則）などが考えられる。また、手続き上の要件としては、公平性、公開性、透明性、倫理性、専門性、公正・中立性などが考えられる。

## 3. 機械安全規制に対する考察

### 3.1 帰納的方策

次に、EBS体系における帰納的方策を考察する。この方策では、日本の強みである“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ることによって、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や社会制度の構築を試みた。このうち、既に筆者らが前報<sup>9)</sup>で提案したのが、欧州の機械安全技術を基盤とするリスク低減戦略である。

この戦略では、機械の労働災害防止対策は機械の危険性を熟知している設計・製造者が設備対策を中心に行い、残留リスクに対してのみ機械の使用者が管理的対策を実施する。このとき、リスク低減戦略の主たる担い手は機械の設計・製造者である。

これに対し、本稿で提案する“現場力”を考慮した戦略では、現場を熟知している機械の使用者（ユーザー）の役割がきわめて重要となる。この方策では、最初に現場を熟知している機械の使用者が安全関係も含めて生産ラインに対する要求機能を明確にした上で、機械の使用者と設計・製造者の間で連携して安全要求仕様書の作成を行い、最終的に機械の設計・製造者が安全要求仕様書にしたがって工学的対策を実施するという方式となる。表1に、現場力に基づく安全管理の知識体系を示す。

### 3.2 演繹的方策

次に、EBS体系における演繹的方策を考察する。この方策では、既に筆者らが提案している管理区分方式による労働災害防止戦略<sup>9)</sup>の成果を活用した。これは、災害防止の基本式から人間機械システムの一般的なモデルを導出し、このモデルの解析によって労働災害防止対策を演繹的に導出する方式である。

表2に、この戦略における災害防止条件を示す。この戦略で特に重要なのが保護方策区分3である。これは、機械に起因する死亡労働災害の3分の2近くを占める機械停止が困難な危険点近接作業と、広大領域内で行う作業に関連する方策である。このような方策は欧州方式の機械安全技術ではあまり重視されていないが、安全管理の実務では重要な問題となっている。

図4に、帰納的方策と演繹的方策を連携させた新たな戦略の提案を試みる。この戦略では、①現場力の活用、②管理区分方式の演繹的方策を基本とする災害防止戦略の構築、③機械の使用段階に実施する妥当性確認の前提条件の明確化、④成功情報（好事例に関する情報など）や失敗情報（災害情報など）のフィードバックが特に重要と考えられる。このうち、③は本講演会で同時発表する。また、④は最近の労働災害の分析結果を踏まえた上で別途報告を行う。

## 4. おわりに

本研究では、当初、日本の“現場力”を基盤に置いた上で、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し、新しい枠組みの安全技術や社会制度の構築を試みた。しかし、この検討過程で、機械災害防止に関する戦略には、過去の災害の経験に基づく帰納的方策と、人間機械システムを一般的なモデルで表し、このモデルの解析によって労働災害防止対策を導出する演繹的方策の2種類があることが判明した。そこで、これらの方策の連携を考慮した戦略を提案した。今後は、既に筆者らが提案しているEBS理論を基盤として、新たな災害防止戦略の高度化を図る予定である。

## 参考文献

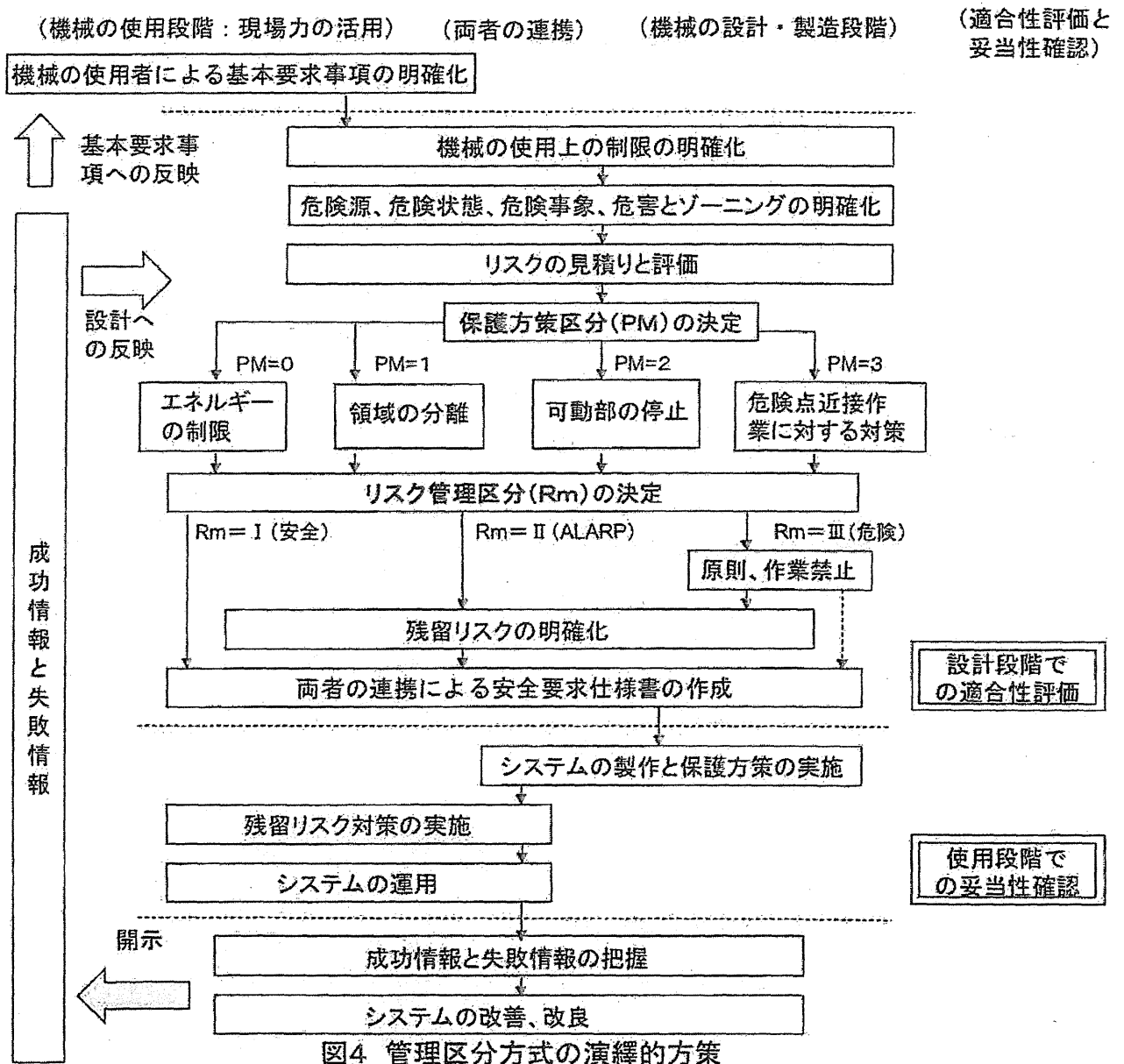
- 1) 梅崎 重夫, 福田 隆文, 齋藤 剛, 清水 尚憲, 木村 哲也, 濱島 京子, 芳司 俊郎, 池田 博康, 岡部 康平, 山際 謙太, 富田 一, 三上 喜貴, 平尾 裕司, 岡本 満喜子, 門脇 敏, 阿部 雅二郎, 大塚 雄市, 日本で望まれる機械安全に関する法規制及び社会制度の考察, 労働安全衛生研究, Vol.8, No.1 (2015)のJ-Stage早期公開
- 2) 梅崎重夫, 清水尚憲, 濱島京子, 木下博文, 平沼栄浩, 宮崎浩一, 石坂清, 統合生産システム(IMS)におけるリスク低減プロセスの基礎的考察, 労働安全衛生研究, Vol.1, No.3 (2008) pp.212-219
- 3) 梅崎重夫, 濱島京子, 清水尚憲, 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—根拠に基づく安全理論(EBS)の観点から—, 電子情報通信学会技術研究報告 (2014-6) pp.5-8
- 5) 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2014 (2014) pp.164-167

表2 保護方策区分の種類

保護方策区分	類型	災害防止条件	関係図
0	エネルギーの制限	$E_w \leq E_H$	該当なし
1	領域の分離	$H_s \cap M_s = \phi$	
2a	早期回避 (接触回避)	$\cdot h_s(t) \cap U_s = \phi$ のとき $W(t)=1$	
2b	直前回避 (可動部の停止)	$\cdot h_s(t) \cap U_s \neq \phi$ のとき $W(t)=0$	
3a	危険点近接 可動部の移動速度の抑制など	$\cdot h_s(t) \cap D_s(t) = \phi$ のとき $W(t)=1$	
3b	人体の移動速度の抑制など	$\cdot h_s(t) \cap D_s(t) \neq \phi$ のとき $W(t)=0$	

表1 現場力に基づく安全管理の知識体系（一部を抜粋）

大分類	小分類	説明
基本理念	高い当事者意識と関係者間の連携の下に安全な職場を構築しようとする共通の価値観	例えば、“労働災害は本来あってはならない”とするゼロ災の理念、再発防止から未然防止、件数重視から重篤度重視への戦略転換、想定外の考慮など。 “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(古澤登)。
設備の安全化	安全技術と生産技術の併用による安全性と生産性等の両立	1)敢えてガードや安全装置を取り払うことによって、潜在していた安全問題を顕在化させ、当該安全問題の本質的な解決を図る本質的安全設計方針の導入を促す。これによって、安全装置設置時に発生していた機械の頻繁な停止による稼働率低下という問題を回避し、安全性と生産性・保全性の両立を図る(杉本旭ら)。 2)支援的保護システムとは、人が現場で行う管理的対策(作業行動)の正当性を技術的手段(センサーなど)で監視し、人の危険側誤りの発生確率を可能な限り減少させるシステムである。主に保護方針区分3が対象。このシステムでは人のライン内への不用意な進入をセンサーによって監視し回避できるために、安全性と生産性の両立が図れる(清水尚憲・梅崎重夫・福田隆文と日機連ら)。





# 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 —

濱島 京子<sup>†</sup> 梅崎 重夫<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> (独) 労働安全衛生総合研究所 電気安全研究グループ 〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6

<sup>‡</sup> (独) 労働安全衛生総合研究所 機械システム安全研究グループ

E-mail: <sup>†</sup> hamajima@s.jniosh.go.jp

あらまし 労働安全および機械安全分野において、望ましい「安全」を達成するための仕組みや制度等の社会基盤整備に関する議論が始まっている。労働安全と機械安全は各々目的が異なる社会的システムであることを明確に認識した上で、どのように互いが連携するかというシステムの視点での議論が求められる。機械安全制度は労働安全側の目的を達するように導入しなければならない。そのための適合性評価(安全性の評価と認証)と妥当性確認の社会制度化が課題であるとされている。本稿では、労働安全で望まれる社会制度と妥当性確認の前提条件をリスクマネジメント 原則及び指針(ISO31000:2009)の概念を用いて考察する。

キーワード 労働安全, 機械安全, 社会制度, 妥当性確認, 全体最適

## A discussion of the establishment of social infrastructure in the fields of occupational safety and machine safety — A study of prerequisites of social systems and their validation —

Kyoko HAMAJIMA<sup>†</sup> and Shigeo UMEZAKI<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> Electrical Safety Research Group, National Institute of Occupational Safety and Health, Japan (JNIOSH)  
Umezono 1-4-6, Kiyose, Tokyo 204-0024 Japan

<sup>‡</sup> Mechanical System Safety Research Group, JNIOSH

E-mail: <sup>†</sup> hamajima@s.jniosh.go.jp

**Abstract** In the fields of occupational and machinery safety, discussions have begun regarding the development of social infrastructure such as mechanisms and systems for achieving the desirable goal of safety. In these discussions, the machinery safety system of Europe is frequently cited as a model. However, occupational safety in Japan and machinery safety in Europe are social systems with different purposes. There is a need for discussion from a systems engineering standpoint of the best way to link between the two while clearly recognizing their differences. A machinery safety system must be introduced in order to attain goals in terms of occupational safety. Development of social systems for that purpose—such as conformity assessment (safety evaluation and certification) and validation—is regarded as a key issue. This paper examines prerequisites for the validation to be conducted in the area of occupational safety, from the perspective of risk management principles and guidelines (ISO31000:2009).

**Keyword** Occupational Safety, Machinery Safety, Social Systems, Validation, Total Optimization

### 1. はじめに

労働安全分野では、機械安全のさらなる推進を図るため法規制度の見直しを含めた検討が始まっている。この一環として、労働安全衛生総合研究所では、厚生労働科研費「機械安全規制における世界戦略へ対応するための法規制等基盤整備に関する調査研究」にて世

界情勢を鑑みつつ日本国内で機械安全を推進するための法規制度のあり方について調査研究を進めている<sup>1)</sup>。これに関し日本国内では、欧州の機械安全に関する法規制度および社会制度に日本を完全に整合させる案を支持する声も多いと聞く。しかしながら、日本の労働安全と(欧州の)機械安全制度は各々目的の異なる社

会規模のシステムである<sup>2)</sup>。互いの目的および前提条件の違いを明確にし、労働安全側の視点より機械安全制度を労働災害防止手段として導入することが求められる。

この視点に基づく議論の必要性を示すため、本稿では機械安全と労働安全の目的達成における前提条件の解明を試みる。なお、本稿において前回議論<sup>2)</sup>と重複する箇所は詳細を省略する（労働安全と機械安全の目的の違いなど）。

## 2. 適合性評価と妥当性確認の問題点

図1は、製造された機械等が所定の規格の要求基準を満たしているか否かを確認する関係をISO9000（品質管理システム）に従って示した図<sup>3)</sup>に、労働安全との関わりを示したものである。

図1で機械安全の被線枠内における検証とは規格で規定される要件への適合の立証作業であり、妥当性確認とは使用目的の要件への適合の立証と認可の作業であるとされている<sup>3)</sup>。欧州機械安全制度における適合性評価とマーキング制度は、検証を社会制度化したものと考えられる<sup>4)</sup>。一方、妥当性確認は顧客のニーズを満たしているかどうかを確認するものと言える。

労働安全の立場上、図1の顧客のニーズは労働災害防止に関する安全要求「労働災害が起きないこと」が含まれる。機械安全制度における標準規格がこのニーズを完全に満たす場合、妥当性確認は適合性評価で代替できる。一方、標準規格のみでは労働安全側のニーズを満たせない場合には、労働安全側の視点に基づく適合性評価と妥当性確認の実施が求められる。実は現在の国際安全規格やJIS等の標準規格には、この問題が既に潜在している。

機械類の安全性を定めた国際安全規格の本質的な目的は製品の流通である<sup>2)</sup>。安全性はリスクの概念を

用いてこの目的達成の範囲内で定められ、低減不可能であったリスクは、使用者に移転することが認められている。この意味で規格は、関係者間の承認の下で作成された申し合わせ事項に過ぎず、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い。さらに現在の技術水準では十分なリスク低減が困難であり、高いリスクが残存せざるを得ない機械設備規格も存在する。ISO12100を頂点とする機械類の安全性に関する国際規格体系は、隔離と停止に基づく保護方策の設計体系をまとめたものである。機械に起因する死亡災害の2/3近くを占めると言われる、機械停止が困難な危険点近接作業や人の存在検出が困難な広大領域内作業を要する機械設備に対しては、そもそもISO12100体系に基づく保護方策の実施は困難である。機械設備の使用者は、移転されてくるリスクを受け入れざるを得ず、労働災害防止は使用者による管理的対策に大きく委ねられている。

つまり標準規格への適合性評価のみによって、顧客（労働安全）のニーズである「労働災害が発生しないこと」の確認は不可能である。これは、機械安全制度を導入したとしても、期待通りに労働災害を確実に低減できる保証はないことを意味する。

すなわち、機械安全制度の導入には、労働災害防止という目的の達成に対し「不確かさ」が存在する。機械安全制度の導入及び運用に関して労働安全側に求められる対応は、労働災害防止という目的を達成するよう、この不確かさに対応するための社会制度を自ら設計し運用していくことと思われる。これが、労働安全に望まれる妥当性確認の役割の一つと思われる。

## 3. 全体最適の観点からの社会制度

現在、機械設備の安全化や労働災害防止は企業におけるリスクマネジメント（以下RMと記載）にて対応

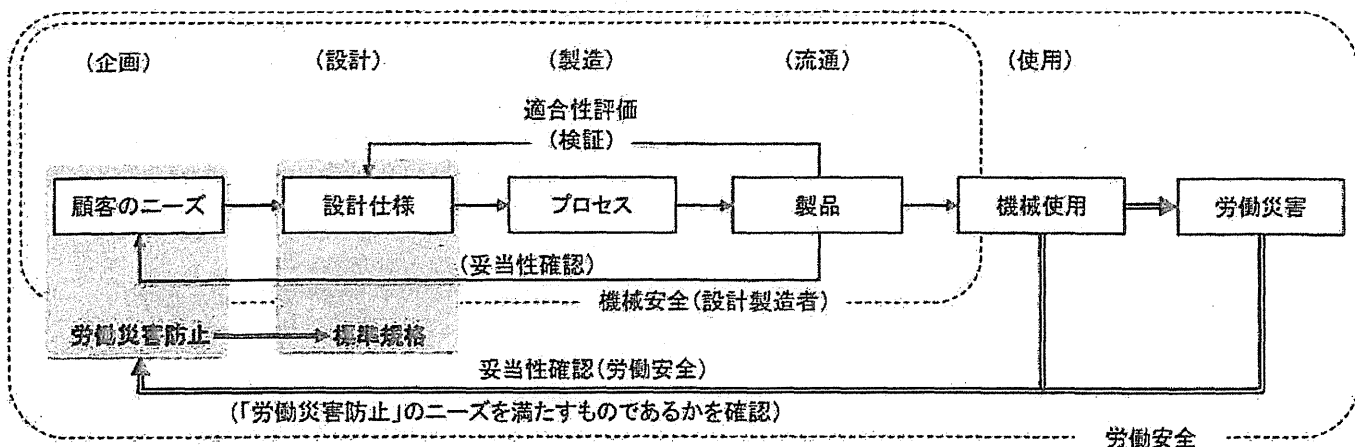


図1 機械安全における適合性評価と妥当性確認および労働安全との関係

(※) 向殿政男監修、国際化時代の機械システム安全技術、1.5 安全性認証、p.16 図1-3 をもとに作成



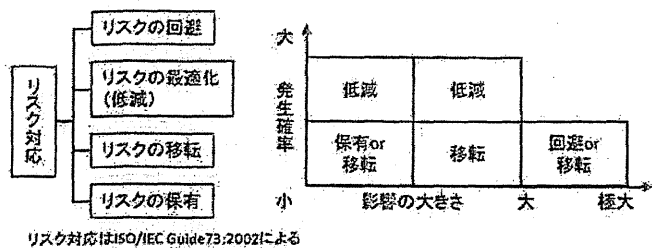


図2 リスク対応と労働安全におけるRMマトリクス

することが求められている。RMでは、リスクアセスメント(以下RA)の結果に基づき、リスクへの対応が実施される。図2にISO Guide73:2002におけるリスク対応の4区分を示す。

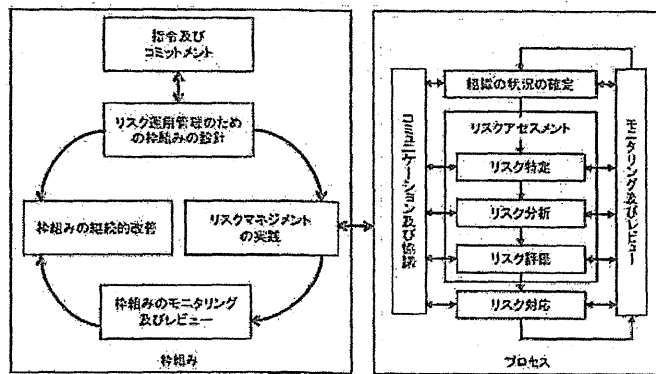
機械安全制度の導入は、企業におけるリスク対応の手段を社会制度として供給することを意味する。供給する手段が、正確確実に目的を達成できるものであるならば、社会制度を整備しその実行を企業に委ねれば良い。しかし先に述べたように、機械安全制度には労働安全の目的達成に影響を与えるような不確かさが含まれる。先に示した規格の適合性評価が問題となるのは、主として個別機械安全規格であり、基本安全規格やグループ安全規格は、機械災害防止において重要な役割を担う。

RMの用語を定めたISO Guide73:2009では、リスクの概念をISO/IEC Guide51よりも広範囲に定めている。ISO Guide73でのリスクは「目的に対する不確かさの影響」であり、不確かさは「事象、その結果又はその起こりやすさに関する、情報、理解又は知識が、たとえ部分的にでも欠落している状態」としている。これに照らし合わせると、「労働災害防止という労働安全の目的達成において、機械安全制度は不確かさを持つ」という関係から機械安全制度の導入は、リスクを有するとみなすことができる。

すなわち社会制度にはリスクの全体最適化の視点に基づく設計と運用が求められる。本稿ではRM原則及び指針の視点を踏まえ、次の2点の検討必要性を提案する。

### 3.1. リスク対応の4区分に対応した社会制度

第一の提案は、社会全体での労働災害リスクの全体最適化のための、社会制度(リスク対応)の検討である。現在議論されている機械安全制度の導入は、4区分あるリスク対応の中のリスク低減に該当する(表1)。リスク対応にはこのほか、回避、移転・共有、保有があるが、これらに関する議論は少ない。例えば英国には、リスクの移転・共有先としてHSEを軸とした制度が存在する、特徴的なHSEのWebサービスとしてQ&A形式のRAツールの存在が挙げられる。このRAサービスを利用して方が一災害が発生した場合は、事業者



枠組み及びプロセス図の出所:ISO 31000:2010, 日本規格協会, 序文, p.3第11リスクマネジメントの図示。

図3 ISO 31000:2009におけるRMの枠組み(左)とプロセス(右)

はHSEに損害賠償を請求することが可能である。HSE自身には、それらのリスクを保有する体制が整えられている。日本においても、表1のリスク対応手段に関する全体的な議論が求められる。なお、機械安全を日本に普及させる方法の一つとして、労災保険制度の見直しを提案する声がある。機械安全制度の導入および推進を目的として、労働災害保険制度の改定等を実施することは、他の産業への影響等を含め新たなリスクを生み出す可能性がある。保険とは通常、リスクの移転・共有の手段として準備されるものであり、制度普及のためにあるものではない点に留意すべきである。

### 3.2. 検証に関する社会制度

第二の提案は、検証に関する社会制度である。ここでの検証とは「労働安全の社会的システム全体が、労働災害防止に望ましい状態にあるのか、その妥当性、適切性、有効性を確認する」ことを意味する。機械安全分野での適合性評価と妥当性確認ではなく、労働安全分野全体かつ独自の検証の仕組みである。

ここでの検証はRM原則及び指針でのモニタリング及びレビューに相当する(図3)。ISO Guide73:2009ではモニタリングを「要求又は期待されたパフォーマンスレベルとの差異を特定するために、状態を継続的に点検し、監督し、要点を押さえて観察し、又は決定すること」とし、レビューは「確定された目的を達成するため、対象となる事柄の適切性、妥当性及び有効性を決定するために実行される活動」と定めている。なおISO系のマネジメントはPDCAを基本構造としており、Checkに該当する活動がモニタリング及びレビューである。

PDCAは、組織のマネジメントが望ましい方向にあるか、目標との偏差を確認し、行動を継続的に修正(改善)することを求める概念である。これは同時に、計画段階で検証に用いる評価指標と測定方法を定めなければならないことを意味する。

現在、労働安全の分野で検証に用いられる指標は多

表 1 機械安全および労働安全における前提条件の違い

	目標	戦略	リスク概念
Guide 51	円滑な流通 安全の定義：受け入れ不可能なリスクがないこと リスクの定義：危害のひどさと発生確率	機械安全 個別最適 隔離と停止が基本	個別最適 リスクアセスメント(隔離と停止) リスク対応：残留リスクの移転 検証：適合性評価
Guide XX (労働安全)	重篤な労働災害の根絶 安全の定義：未然防止のための仕組みと戦略	労働安全(危険源の多様性) 全体最適 演繹的アプローチ 止められない機械設備の存在(危険点 近接作業, 広大領域内作業など)	全体最適 総合的リスクマネジメント リスク対応：不確定性への対応 検証：妥当性確認
Guide 73	リスクの全体最適 リスクの定義：不確かさ	より普遍的な全体最適	全体最適のリスクマネジメント

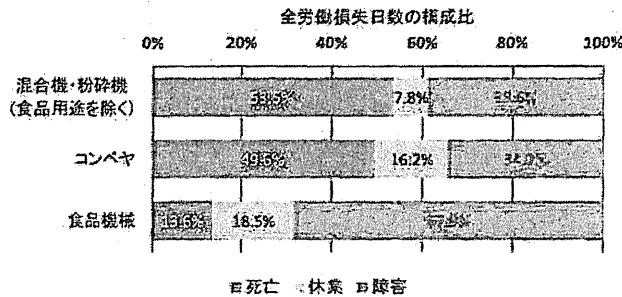


図 4 災害多発機械の労働損失日数比較

くの場合労働災害件数である。この指標には、災害の重篤度が反映されにくい問題がある。図4は、災害多発機械の労働損失日数の比較を示したものである。休業4日以上を伴う重篤な災害の労働損失日数は8割以上を占めていることから、指標として件数ではなく重篤度を重視すべきことがわかる。導入が検討されている機械安全制度は、リスクの大きなものから低減することを基本方針としており、重篤な機械災害の減少が期待されるものである。しかし、上述の理由から災害件数による指標では、機械安全制度のパフォーマンスの妥当性を確認することは困難と思われる。

なお、ISO31000:2009では、RMプロセスだけでなく枠組みにもモニタリング及びレビューを適用することを求めている。これを労働安全に照らし合わせると、プロセスは社会制度に対応し、枠組みは社会制度を運用する組織に該当すると思われる。枠組みのモニタリング及びレビューでは、労働安全関連組織が保有する資源が十分であるか等の確認も求められる。ここでの資源の例には、例えば「人員、技能、経験及び力量等」「情報共有、教育訓練プログラム」などがある。機械安全制度導入後に予想される問題は、規格適合品にて発生した労働災害の原因調査である。規格への適合状況に問題がなかったかどうか問われる場合、調査をする側に機械安全に関する専門知識が求められる。欧州における妥当性確認に関する調査では、労働安全側の人材(監督官等)に対する機械安全教育を徹底していることが明らかとなっている。

### 3.3. 社会制度と妥当性確認の前提条件

表1に、機械安全(ISO/IEC Guide51)、労働安全、RM原則及び指針(ISO Guide73)での目的達成に関する前提条件の違いを示す。機械安全は機械設備単体の個別最適を目指すものであるのに対し、労働安全は現場に存在する全体のリスク最適化を前提とするものである。労働安全での妥当性確認は、この点を踏まえたものであることが望まれる。部分最適化された個別機械安全規格の集合体が、労働安全における機械災害防止の全体最適解とはならない理由は、この前提条件の違いによるものである。

### 4. おわりに

機械安全のリスク対応は機械設備の個別最適と移転を前提としているのに対し、労働安全はリスクの全体最適のための対応が前提であることを述べた。今後はこの前提条件の違いを踏まえて、冒頭に述べた機械安全での適合性評価における不確かさに対する労働安全側の妥当性確認の基礎理論を検討する予定である。

### 文 献

- [1] 梅崎重夫ほか, “機械安全規制における世界戦略へ対応するための法規制等基盤整備に関する調査研究”, 厚生労働科学研究費補助金 労働安全衛生総合事業 平成25年度総括研究年度終了報告書 pp, 2014年3月.
- [2] 濱島京子, 梅崎重夫(2014) 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, pp. 1-4.
- [3] 向殿政男 監修, 国際化時代の機械システム安全技術, pp.16-17, 日刊工業新聞社, 東京, 2000.
- [4] JISQ0073:2010(ISO Guide73:2009), リスクマネジメント-用語, 日本規格協会
- [5] JISQ31000:2010(ISO31000:2009), リスクマネジメント-原則及び指針, 日本規格協会

## 労働安全分野における安全目標の考察

○梅崎重夫 (安衛研) 濱島京子 (安衛研) 清水尚憲 (安衛研)

## 1. はじめに

労働安全の分野では、英国安全衛生庁 (HSE) が示したリスク管理目標を労働災害防止の目標値として使用することがある<sup>1)</sup>。この目標では、労働者一人あたりの死亡労働災害の発生確率を  $10^{-6}$  回/年未満と設定している。また、厚生労働省では第12次労働災害防止計画 (平成25~29年度) の5年間で死亡者数及び死傷者数を各々15%以上減少させることを目標としているが、これも広い意味の安全目標と考えられる。

しかし、このような数値の利用を含めて労働安全分野における安全目標をどのように設定するかは、今一度考察が必要と考えられる。本報では、昨年度、筆者らが本シンポジウムで発表した文献<sup>2)</sup>での結果を踏まえた上で<sup>2)</sup>、新たに“日本学術会議 安全目標WG”<sup>3)</sup>での討議も考慮し、労働安全分野における安全目標の再提案を試みた。

## 2. タイプA災害とタイプB災害

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1参照)<sup>4)</sup>。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。筆者らは、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している。

本報では、以上のタイプA及びタイプB災害の違いと、筆者らが現在検討を進めている科学的根拠に基づく安全理論<sup>2), 4)</sup> (Evidence-Based Safety, 以下、便宜的にEBSと呼ぶ) の観点も踏まえた上で、労働災害防止のための安全目標を提案する。

## 3. 安全の定義と安全目標

2014年版の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”と定義している。この定義ではリスクという不確実性を伴う概念を含むために、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災害では、行政的な目標値として確率論的なリスク管理目標 (例えば前述したHSEの $10^{-6}$ 回/年未満) 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

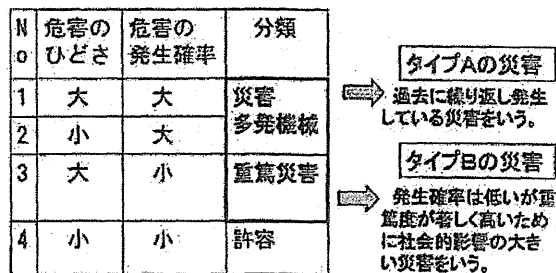


図1 タイプA災害とタイプB災害

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2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。図で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が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、決定論の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、決定論の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の方策では、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。この詳細は文献3)を参照されたい。

図2は、安全をリスクの問題として捉える部分が全領域の一部（領域III）に過ぎないことを示唆する。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5)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が”、

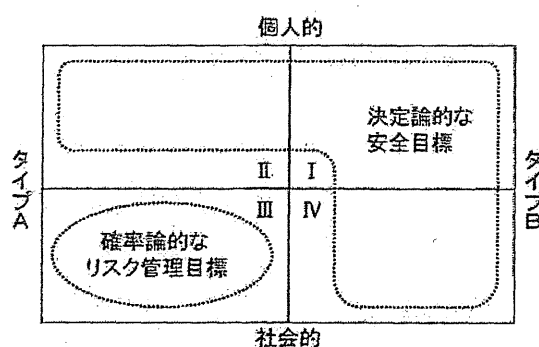


図2 社会的な安全目標と個人的な安全目標

“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考えられる。

#### 4. 安全目標の具体例

##### 4.1 確率論的なリスク管理目標

次に、図2における確率論的なリスク管理目標の具体例を示す。この例に、前述したHSEが示した $10^{-6}$ 回/年未満などのリスク管理目標がある。

ここで、日本の労働者数を約5,000万人とすると、この目標は日本の死亡災害の発生確率を50人/年未満とすることに相当する（だからと言って死亡災害の発生が容認できるわけではない）。

一方で、労働災害の発生状況も踏まえた場合、行政施策上のリスク管理目標としてALARP (As low as reasonably practicable の略) の上限を定めるべきとの意見もある。この値は豊田によれば、例えば $10^{-6} \sim 10^{-4}$ 回/年の間で各業種の実情に応じた現実的な値を選択すべきとされている<sup>6)</sup>。

なお、環境分野でのリスク管理目標に、人が有害物を取り込んだ際の発がんリスクを $10^{-5}$ /生涯未満とする提案がある<sup>7)</sup>。ここで、生涯を70年、年間の総暴露時間を8,760時間とすると、危害の発生確率は $1.6 \times 10^{-11}$ 回/h未満となる。

##### 4.2 決定論的な安全目標

次に、図2における決定論的な安全目標について考察する。この検討を行う前に、決定論的な方策と決定論に準じる方策の違いを述べ、この結果を基に両者の安全目標を考察する。

###### (1) 決定論的な方策と決定論に準じる方策

決定論に基づく方策の代表例に、危険源を抜本

的に除去する方策がある。具体的には、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方策、作業方法の変更によって危険な作業を根絶する方策などがある。また、機械の可動部が発生する力や可動部が有するエネルギーを人体に危害を及ぼさない程度に制限する方法、人と機械の作業区域を固定式ガードによって分離する方法などがある。これらはいずれも本質的安全設計方策と呼ばれる。また、制御システムの安全関連部に対する方策では、安全確認形インタロックやフェールセーフなどの制御安全技術の活用がある。

一方で、決定論に準じる方策に異種冗長化と定期的な自動監視（セルフチェック）技術などの制御安全技術の活用がある。この具体例に、異なった種類のCPUを冗長化し、これらの演算結果を定期的に監視して、結果が同一でないときは機械の運転を停止させる方策がある。これは確率論的な観点に立ちながら、危害の発生確率を“ゼロ”に近いレベルまで抑制することを目的とする。

## (2) 決定論的な安全目標

(1)で述べた決定論的方策を具体的に確定できれば、これらの方策を達成したかを判定する際の判定基準を決定論的安全目標として利用できる。

具体的には、①設備や作業の改善によって危険源を根絶できたか、②機械の可動部が発生する力や保有するエネルギーを人体に危害を及ぼさない程度まで制限できたか、③人と機械の可動部の作業区域を両者が接触することのないように適切なガードを設けているかなどは、本質的安全設計方策に対する安全目標となる。

これに対し、“人が誤り、制御システムの安全関連部が故障したときは直ちに機械の可動部を停止できる仕組みとしているか”は制御システムの安全関連に対する決定論的方策の安全目標と考えられる。この目標を達成したかは、表1に示すユネイト性を満足しているか否かによって評価される。

## (3) 決定論に準じる安全目標

次に、決定論に準じる安全目標を考察する。このときの安全目標には、①適切な異種の冗長化技術と自動監視技術が適用されているか、②共通原因故障の影響がないように多様性に考慮した構成としているか、③万一、未然防止が達成できなかったときのために適切な被害拡大防止策を講じて

表1 ユネイトな関係

真の安全状態S	安全情報の出力S <sub>c</sub>	判定
安全(1)	運転許可(1)	○ 正常
危険(0)	運転禁止(0)	○ 正常
安全(1)	運転禁止(0)	○ 安全側故障(稼働率低下)
危険(0)	運転許可(1)	× 危険側故障(災害発生)

注)以上の関係は $S \geq S_c$ となる。これをユネイトな関係と呼ぶ。

いるか、などが考えられる。

しかし、これらの安全目標を達成したか否かについて、決定論的観点から検証する手法は存在しない。このため、著者らは機械安全分野の予防原則である“安全の原理”（安全か危険か不確定なものはすべて危険とみなす考え方）にしたがって、人間機械システムの危害の発生確率の確定的上限値をマルコフ解析に基づいて定量的に推定できる評価式を提案している。しかし、複雑なシステムでは、①共通原因故障(CCF)、②検出できない危険側故障、及び③システムティック故障の考慮も必要である。

そこで、決定論に基づく“安全の原理”や安全確認形インタロックの考え方を基礎に置いた上で、信頼性に基づく機能安全や人の注意力に依存する安全管理の手法も取り入れ、機械安全、機能安全及び安全管理の連携を考慮した総合的なリスクの定量的評価手法の開発を試みた。ここで開発した式は、機械安全に関連するパラメータである制御システムの安全関連部の冗長度N、不信頼度 $\lambda$ 、危険側移行率 $\eta$ 、チェック間隔 $\tau$ だけでなく、機能安全に関連するパラメータである共通原因故障割合 $\beta$ と診断範囲DCに対応する危険側故障のチェック間隔 $T_{high}$ 、 $T_{medium}$ 、 $T_{low}$ 、 $T_{warn}$ 及び安全管理に関連するパラメータである人の誤り発生確率 $h_p$ や回避失敗率 $H_L$ も含むために、人間機械システムを対象とした決定論に準じる方策の汎用的な評価式として利用できる。この詳細は文献8)を参照されたい。

## 4.3 リスク管理区分と安全目標

以上の決定論に準じる方策のリスク管理目標として、筆者らは労働災害の発生を“みなしゼロ”とできる $10^{-11}$ 回/h未満の危害の発生確率を提案している。これは日本の5,000万労働者が1年間(1,800時間)働いたときの災害発生件数の推定値を1件未満(この場合は0.9件)とする水準である。

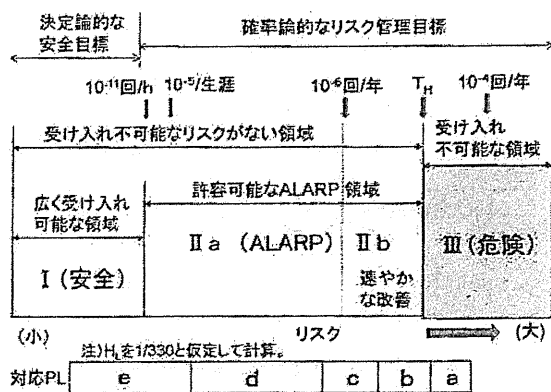


図3 目標値とリスク管理区分の関係

図3は、以上を踏まえて筆者らが提案するリスク管理区分である。ここでは、危害の発生確率が $10^{-11}$ 回/h未満(みなしゼロ)の領域をリスク管理区分Ⅰ(安全)、 $10^{-6}$ 回/年未満の領域をリスク管理区分Ⅱa(個人レベルでのALARP領域)、 $10^{-6}$ 回/年以上から $10^{-6} \sim 10^{-4}$ 回/年の間で各業種の実情に応じた現実的な値 $T_H$ 未満をリスク管理区分Ⅱb(社会的レベルでのALARP領域)、 $T_H$ 以上の領域をリスク管理区分Ⅲ(危険)と呼ぶ。ただし、 $T_H$ は暫定的なものであり、本来は速やかに $10^{-6}$ 回/年に移行すべきものである。

なお、図3ではISO13849-1で使用されるPLの推定値を参考として示した。例えば、 $PL=e$ のシステム(一般の産業機械ではこのレベルが最高水準)では、危険側故障確率として $10^{-6} \sim 10^{-7}$ 回/hを要求するが、この数値にハイリッヒの法則に基づく回避失敗率(例えば概数ではあるが $1/330$ )をかけて危害の発生確率を推定すると $3.0 \times 10^{-11} \sim 3.0 \times 10^{-10}$ 回/hと推定される。この指標は確率論と決定論に準じる方策の両方に利用できる。

## 5. おわりに

以上、労働災害防止に利用できる安全目標について考察した。この要点は次のとおりである。

- 1) 労働災害には、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。
- 2) 従来は、決定論的な安全目標が必要なときに、確率論的なリスク管理目標で代替することもあった。しかし、確率論的なリスク管理目標が利用で

きるのはタイプA災害の社会的安全目標が主であり、これ以外では決定論的な安全目標が不可欠と考えられる。

3) 確率論的なリスク管理目標に対しては、従来提案されている安全目標を利用できる。これに対し、決定論的な安全目標を達成したか否かの検証では、ユネイトによる評価や筆者らが提案している“安全の原理”に基づくリスクの定量的評価手法が必要である。

今後は、以上の点も考慮し検討を続けたい。

## 謝 辞

以上の検討では、厚生労働省科研費「機械安全規制における世界戦略へ対応するための法規制等社会基盤に関する調査研究」及び「日本学術会議安全目標WG」での議論が参考になった。紙上を借りて深い謝意を表す。

## 参 考 文 献

- 1) HSE Books, Reducing risks, protecting people, HSE's decision making process, R2p2 (2001)
- 2) 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 講演予稿集 (2013) pp. 334-337
- 3) 日本学術会議安全目標WG報告書, AP10
- 4) 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
- 5) 梅崎重夫, 清水尚憲, 濱島京子, 高木元也, 島田行泰ほか, よくわかる! 管理・監督者のための安全管理技術(基礎編), 日科技連出版社 (2011) p. 23
- 6) 豊田寿夫, ALARPと受容可能なリスク, 標準化と品質管理, Vol. 65, No. 12 (2012) 134-140
- 7) 成合英樹, 安全目標ーリスクと安全・社会の安心ー, 学術の動向 (2008) 2-9
- 8) 梅崎重夫・清水尚憲・濱島京子, 機械安全と機能安全の連携を考慮したリスクの定量的評価手法の提案, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 112, No. 151 (2012) pp. 5-8



# 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 —

濱島 京子<sup>†</sup> 梅崎 重夫<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> (独) 労働安全衛生総合研究所 電気安全研究グループ 〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6

<sup>‡</sup> (独) 労働安全衛生総合研究所 機械システム安全研究グループ

E-mail: <sup>†</sup> hamajima@s.jniosh.go.jp

あらまし 労働安全および機械安全分野において、望ましい「安全」を達成するための仕組みや制度等の社会基盤整備に関する議論が始まっている。労働安全と機械安全は各々目的が異なる社会的システムであることを明確に認識した上で、どのように互いが連携するかというシステムの視点での議論が求められる。このためのシステムの視点として、本稿では、労働安全が労働者保護を目的とし、ゼロ災を目標値とするシステムであるのに対し、機械安全は安全性が保証された製品の円滑な流通を目的とし、規格への適合を目標とするシステムであるという認識を示す。これらを用いて、両者を連携する際の課題といわれる妥当性確認と適合性評価のための論点整理を試みる。

キーワード 労働安全, 機械安全, 社会制度, 社会基盤, 社会システム

## A discussion of the establishment of social infrastructure in the fields of occupational safety and machine safety — Safety control structure as a social system —

Kyoko HAMAJIMA<sup>†</sup> and Shigeo UMEZAKI<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> Electrical Safety Research Group, National Institute of Occupational Safety and Health, Japan (JNIOSH)

Umezono 1-4-6, Kiyose, Tokyo 204-0024 Japan

<sup>‡</sup> Mechanical System Safety Research Group, JNIOSH

E-mail: <sup>†</sup> hamajima@s.jniosh.go.jp

**Abstract** In the fields of occupational safety and machine safety, discussion has begun regarding development of social infrastructure such as mechanisms and systems for achieving the desired safety. In many cases European machine safety systems are quoted as a model in this discussion. Therefore, based on a clear understanding of the fact that occupational safety in Japan and machine safety in Europe are social systems with different purposes, discussion from a system-oriented perspective is needed regarding how linkage of the two should be achieved. This paper discusses the following items for which discussion is thought to be especially necessary when incorporating social systems for machine safety into social systems for occupational safety.

• The best approaches for confirming validity on the occupational safety side and evaluating compatibility on the machine safety side, which will be the linking points of the two systems

**Keyword** Occupational Safety, Machinery Safety, Social Infrastructure

### 1. はじめに

労働安全分野では、機械安全のさらなる推進を図るため法規制度の見直しを含めた検討が始まっている。この一環として、労働安全衛生総合研究所では、厚生労働科研究費「機械安全規制における世界戦略へ対応するための法規制等基盤整備に関する調査研究」にて世

界情勢を鑑みつつ日本国内で機械安全を推進するための法規制度のあり方について調査研究を進めている<sup>1)</sup>。

これに関し日本国内では、機械安全に関する法規制および社会制度のあり方として、欧州の機械安全に関する法規制度および社会制度に日本のそれらを完全に整合させる案を支持する声も多いと聞く。しかしなが

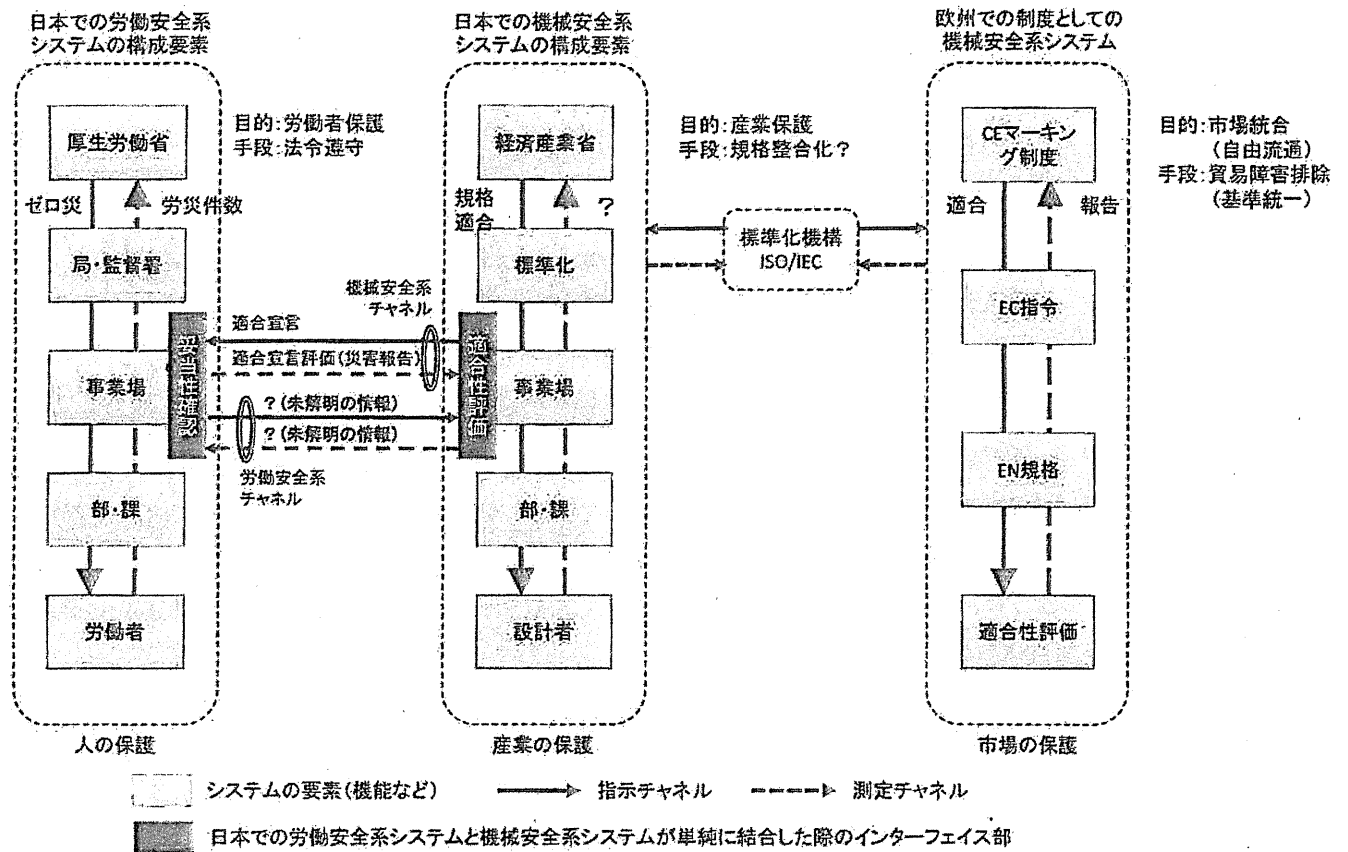


図1 労働安全および機械安全のシステムに関する大局的なモデル

ら、こうした意見が対象としている法規および社会制度は「機械安全」に限定されたものであり、これと対をなすはずの労働安全に関する法規・社会制度への言及は少ない。労働安全と（欧州での）機械安全は各々目的が異なる社会的システムであり、日本での社会制度を検討する際には、システムの観点に基づく議論が必要と思われる。

本稿では、労働安全と機械安全のシステムの機能を検討し、両者連携の際に求められる労働安全側での妥当性確認について課題を考察する。

## 2. 労働安全と機械安全のシステムの考察

### 2.1. システムに関する諸定義

以下に本稿で使用するシステム<sup>2)</sup>の概念を以下に引用する。これに照らし合わせれば、法規制や社会制度を含む社会基盤の構築はシステム化に相当する。現在の労働安全および機械安全に関する法規制および社会制度を要素（サブシステム）とみなし、これらを連携させてある目的を達成するための新しいシステムを構築することに等しい。

システム：多くの要素が互いに関連を持ちながら、全体として共通の目的を達成しようとしている集合体<sup>2)</sup>。

システム化：てんでんばらばらであった多くの要素を、全体の目的に貢献するように、互いに関連を持たせること<sup>2)</sup>。

システムの階層と価値観：システムはサブシステムの積み重ねの形で構成され（階層構造）、階層ごとに価値判断の基準は一般的に異なる<sup>2)</sup>。

システムの目的：主目的以外に二次的な目的が存在することあがる。またシステムの目的は上位の階層システムにアウプヘーベンすることである<sup>2)</sup>。

システムの評価要素：目的をどれだけ具合よく達成しているかを表すもの<sup>2)</sup>。

なお上記に関し、システムに関する検討では、目的と評価要素の混用、目的と手段の取り違えが起りやすいことが指摘されている<sup>2)</sup>。労働安全分野においても、機械安全に関する諸制度を導入することは手段であって目的ではない点に留意が必要である。

さらに、システムが目的達成のために自らの機能を制御するための情報の流れとして、チャンネル概念を導入する<sup>3)</sup>。この2種の流れにより、システムは情報の循環構造を有するものと考えられる。

指示チャンネル：（下方に）目標と政策を伝達

測定チャンネル：（上方に）実際の状態を伝達

## 2.2. 労働安全系のシステム機能(日本)

上記の定義に照らし合わせて、労働安全と機械安全の社会的システムの大局的なモデルを図1に示す。

本質的な目的：労働者保護

目的達成の手段：法令遵守

目標：災害ゼロ

目標達成のための評価方法：労働災害件数

評価のための手段：死傷病報告による災害件数報告

指示チャンネル：労働災害防止計画など

測定チャンネル：死傷病報告

国が定める第12次労働災害防止計画では、「働くことで生命が脅かされたり、健康が損なわれるようなことは、本来あってはならない」とし、ゼロ災を「誰もが安心して健康に働くことができる社会の究極的な目標である」と明記している。このことから、日本の労働安全系システムでは、指示チャンネルにはゼロ災概念が強く流れていると思われる。

なお、2011年の東日本大震災以降、ゼロ災概念を否定してリスク概念への転換を推奨する声がある。これは、異なる階層間での価値観の違いに他ならない。労働安全系システムにおいて、最下層は労働者個人であり、最上層は国である。個人の階層では、災害ゼロを目標とすることは当然であるが、最上層で災害ゼロを目標とすることは現実的には困難であり、リスクの概念を必要とする。個人と社会が受け入れ可能なリスクの差異については、梅崎が詳細を指摘している<sup>4)</sup>。

## 2.3. 機械安全系のシステム機能(欧州)

ここでは欧州における機械安全に関する法規制および社会制度全体を事例に機械安全系のシステムの機能について検討する。

本質的な目的：市場統合

目的達成の手段：貿易障害排除

(技術基準・安全基準の統一)

目標：経済圏内で社会的に許容されるとみなされるレベルでの安全性達成

目標達成のための評価方法：EC指令適合

評価のための手段：CEマーキング制度

指示チャンネル：EC指令とEN規格

測定チャンネル：RAPEX等の通報制度

CEマーキング制度は消費者のためのものではない

ことは多くの文献等で指摘されている<sup>5)</sup>。あくまでも機械指令への適合を表示しているだけであり、製品そのものの安全性を保証するものではない。実際、機械個別の安全規格への適合に注力するあまり、個別規格に規定されていないが、機械指令が指摘する他の危険源を多くのメーカーが見落とす問題も指摘されている<sup>6)</sup>。

機械安全系システムの主目的は労働者保護ではないことから、単純に欧州と同等の諸制度を構築しただけでは、労働安全系システムの主目的の達成は困難と思われる。労働者保護という本質的な目的を達成するために機械安全系システムを如何に利用するか、という戦略的検討を必要とする。

## 2.4. 適合性評価と妥当性確認によるシステム結合

労働安全系システムにて、機械安全系システムを利用するための最も単純な例として、両システム間を結合する方法を検討する。機械安全系システムからみると、労働安全系システムは消費者の立場となることから、機械安全系システムのインターフェイス部は適合性評価となる。この役割については、上に述べたとおりである。

一方、労働安全系システムでのインターフェイス部は、妥当性確認となる。妥当性確認とは「機械設備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」をいう<sup>4)</sup>。ここで懸念される問題は、機械設備購入後にユーザ自らが当該設備を改造・改修する場合等である(安全装置の無効化含む)。

図1に、インターフェイス部での情報の流れの案を示す。労働安全系および機械安全系のそれぞれの指示チャンネルおよび測定チャンネルが存在すると思われるが、労働安全系システムに求められる情報の内容は明らかではない。これは、妥当性確認の理論化が進んでいないためと思われる。

労働安全系の本質的な目的を達成するために、CEマーキング制度と同等の機械安全に関する法規制および社会制度を導入する場合(完全整合案にせよ、実質同一案にせよ)、この妥当性確認をとりまくシステム構築が鍵となると思われる。

## 3. 妥当性確認に関する考察

欧州での妥当性確認の現状<sup>7)</sup>をもとに、今後日本にて議論を要すると思われる事項を整理する。

### 3.1. 欧州での妥当性確認に関する推察

以下、欧州での妥当性確認の現状<sup>7)</sup>より推察する。

<sup>4)</sup>例えば、「CEマーキング制度は、欧州各国に点在していた規制を統一して、安全性が保証された製品の円滑な流通ができることを目的としたものである<sup>5)</sup>。EU域内の貿易障害を排除して自由流通を図ったものであり、CEマーキングは消費者のための表示でも

なく(通関業務のため)、指令が要求している最低限の安全性を保証しているものであると考えられる<sup>6)</sup>。」などがある。

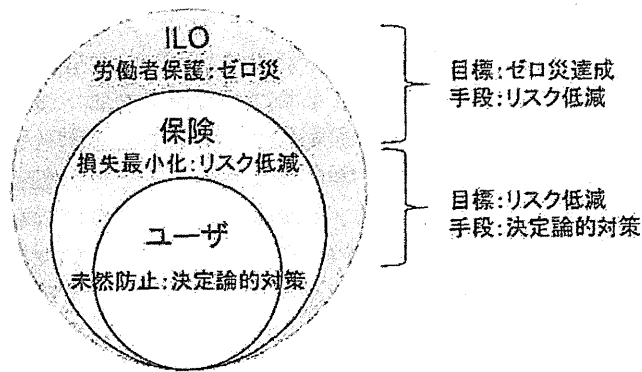


図2 妥当性確認の3つの視点

欧州でのいくつかの国にて実施されている妥当性確認は、機械安全に限らず事業場の安全衛生管理状態を定期的に監視・監督する仕組みの1つであると思われる。

まず、労災保険等の社会制度が基盤として存在する。次に、専門官が定期的に事業場を監視・監督し、機械設備を含めた安全衛生管理状態の妥当性確認が実施される。さらに、その状態測定結果を事業場の労働災害発生リスクとして評価し、保険料率等に反映させることで、事業場に情報をフィードバックする。

情報のフィードバック構造が存在することから、妥当性確認は、システムとしての機能を有している。なお、ここでの指示チャンネルはリスク低減（目標値は社会的に許容可能な域）、測定チャンネルは現場のリスクレベル（保険料率等に換算された値）とみなすと、システムはリスクに基づく制御がなされていると考えられる。

なお、上記の事項は調査研究<sup>1)</sup>の一部の結果をもとに推察した結果であり、仮説の域を出ない。

### 3.2. 妥当性確認に関する日本での課題

日本では図1に示すようにゼロ災害という労働災害件数重視の指示チャンネルが強く、測定チャンネルも件数に基づくため、(労災発生前の)事前評価の仕組みが弱い。事業場にて適切なリスク低減を実施していても、それを評価する手段がなく、測定チャンネルに情報が流れない。こうした不完全なシステム構造が、日本における安全管理活動に「後追い型（再発防止型）」の性格を強めている要因とみられる。

現場の妥当性確認を強化し、測定チャンネルを構築することができれば、機械設備の安全化を含めた、事業場全体の安全向上（リスク低減）が図れる可能性がある。すなわち、(機械安全に限らず)日本の労働安全が未然防止型へと転換を図るためには、定期的な妥当性確認（現場の安全管理活動を測定）の結果を、測定チャンネルとして流す仕組みの構築が必要となる。

このためには、労働安全における妥当性確認のあるべき姿や、確認のための理論およびそれらを運用する

ための法規制や社会制度の検討を要する。例えば、妥当性確認において、先に述べた欧州と同様なシステム構築を手段として採用する場合には保険制度の抜本的な見直しを伴う。

ここで、労働安全での妥当性確認にはILO系、保険系、ユーザ系の3つの視点が存在する（図2）。ILO系での妥当性確認の目的は労働者保護であり、目標はゼロ災害である。図1に示した労働安全系システムは、この視点に基づき社会的に（国として）妥当性確認を実施しているものと考えられる。次に、保険系での目的は（社会的）損失の最小化であり、目標は許容域までのリスク低減とみられる。欧州の妥当性確認は、この視点に基づく事業主を対象とした仕組みと思われる。ユーザ系での妥当性確認では、目的は労働災害の未然防止であり、目標は決定論に基づく対策が実施されているか、具体的な内容を問うものとなる。ここでの妥当性確認の事例については、まだ十分な情報を得るには至っていない。

この3つの視点を同時に満たすことが可能な妥当性確認のシステムを日本で構築することができれば、今後の労働災害防止に大きく貢献するものと思われる。このための理論として、根拠に基づく安全理論(EBS)<sup>4)</sup>を適用できる可能性がある。

### 4. おわりに

労働災害防止の観点から欧州並の機械安全に関する諸制度の導入を望む声大きいですが、同等の制度を導入しただけでは、労働者保護（労働災害防止）という主目的の達成は困難であることを示した。両システムを統合するには、労働安全側での妥当性確認の仕組みが必須となる。ここでの妥当性確認は、機械設備の安全に限らず、安全管理状態を測定できるものでなければならないことを示した。なお、この妥当性確認は、欧州並の機械安全制度の有無に限らず、今後の日本にとって重要な課題と思われる。

### 文 献

- [1] 梅崎重夫ほか，“機械安全規制における世界戦略へ対応するための法規制等基盤整備に関する調査研究”，厚生労働科学研究費補助金 労働安全衛生総合事業 平成25年度総括研究年度終了報告書，pp.2014年3月。
- [2] 大村平，“システム概念の発生”，システムのはなし，p.13，日科技連，1971。
- [3] Nancy G. Leveson, “セーフウェア”，pp.74-75，翔泳社，東京，2009。
- [4] 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”，2013 安全工学シンポジウム，講演予稿集，Vol.2013, pp.334-337, Jul.2013。
- [5] 鈴木茂夫，“CEマーキング制度”，主要 EC 指令と CE マーキング，p.2，工学図書株式会社，2010。

## 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

○梅崎重夫 濱島京子 清水尚憲 (労働安全衛生総合研究所)

## 1. はじめに

労働災害の中には、過去に繰り返し発生している災害と、発生確率は低いが重篤度は著しく高いために社会的影響の大きい災害がある。本稿では前者をタイプA、後者をタイプB災害と呼ぶ(図1参照)<sup>1)</sup>。

N	危害の ひどさ	危害の 発生確率	分類
1	大	大	災害 多発機械
2	小	大	
3	大	小	重篤災害
4	小	小	許容

**タイプAの災害**  
過去に繰り返し発生している災害をいう。

**タイプBの災害**  
発生確率は低いが重篤度が著しく高いために社会的影響の大きい災害をいう。

図1 タイプA災害とタイプB災害

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太小を評価指標とし、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。筆者らは、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している。

本稿では、以上のタイプA及びタイプB災害の違いと、筆者らが現在検討を進めている科学的根拠に基づく安全<sup>1)</sup>(Evidence-based safety。以下、便宜的にEBSと呼ぶ)の観点も踏まえた上で、労働災害防止のための安全目標を提案する。

## 2. リスク管理目標と安全目標

## 2.1 タイプA災害の安全目標

安全規格を作成する際のガイドラインである

ISO/IECガイド51では、安全を“受け入れ不可能なリスクがないこと”と定義する。この定義に従えば、安全目標にリスク管理目標を採用するのも頷ける。しかし、すべての災害に対して安全目標に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、行政施策の目標値として定量的なリスク管理目標を定めるのは意義がある。この具体例に、英国安全衛生庁(HSE)が示したリスク管理目標がある<sup>2)</sup>。この目標では、労働者一人あたりの死亡労働災害の発生確率を $10^{-6}$ 回/年未満に設定する。

また、企業の安全管理計画で労働災害の発生件数を昨年との比較で30%減とする目標を定めるのも、広い意味のリスク管理目標に相当すると考えられる。

## 2.2 タイプB災害の安全目標

問題は、このようなリスク管理目標が重篤度の著しく高いタイプB災害の安全目標として適切かどうかという点である。なぜなら、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からである。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、多くの場合、受け入れ難い。

このため、筆者らは、タイプB災害を対象に、確率論的なリスク管理目標とは異なる決定論的な安全目標の検討を進めている。しかし、この目標として何を採用するかは現段階で十分解明されていない。そこで、労働災害防止に利用できる決定論的な安全目標の解明を試みた。

## 2.3 社会的安全目標と個人的安全目標

前節の議論は、どちらかという社会全体を対象とした安全目標であった。しかし、実際の労働災害防止対策では労働者個人を対象とした安全目標も重要である。そこで、次にこの点を考察する。

個人を対象とした安全目標を検討する場合、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。このことは、タイプA災害を対象とした個人の安全目標に、タイプB災害と同様の決定論的な安全目標が不可欠であることを示唆する。

図2に以上の関係を示す。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できるのは図の第III象限（タイプA災害の社会的な安全目標）に過ぎず、他の象限では決定論的な安全目標を必要とする。このように、確率論的なリスク管理目標が利用できる場面は意外と少ないことに留意すべきである。

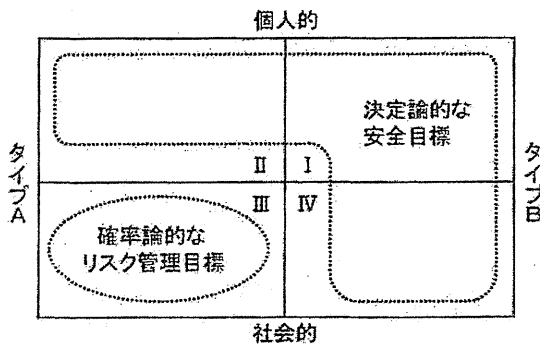


図2 社会的な安全目標と個人的な安全目標

### 3. EBS 体系と安全目標

次に、以上を踏まえた上で、筆者らが検討中のEBS体系を提案する。図3に、EBS体系の概略図を示す。

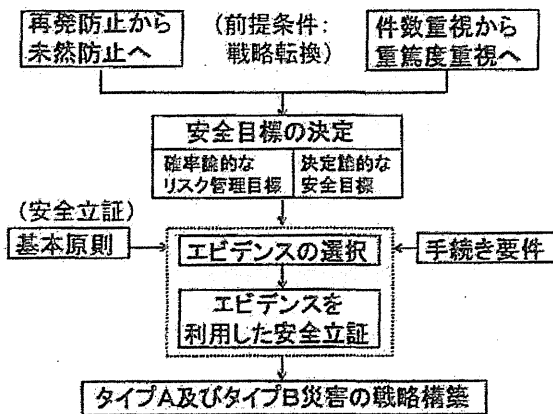


図3 EBSの体系図

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。

この戦略転換を大前提とした上で安全目標を設定する。この設定で特に重要なのが、図2の第I, II, IV象限に関連する決定論的な安全目標である。これに対し、確率論的なリスク管理目標は、図2の第III

象限に限定した補充的、補完的な位置付けとなる。

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。多くの方は、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単独にまたは相互に影響する安全分野では、実験によって得られるデータには限りがある。

表1 EBSで利用できるエビデンスの区分

区分	説明及び具体例
情報	情報として提供される事例やデータなど。例えば ・災害情報・典型災害事例・災害統計 ・機器の信頼性・安全性データ ・FMEA, FTA, ETAによる信頼性解析結果
実績	歴史や経験に裏付けられた技術・戦略・制度など。例えば ・ISO12100に定めたリスク低減戦略 ・モジュール方式による適合性評価制度 ・第三者認証に基づくCEマーキング制度
理論	自然法則や論理などの理工学に裏付けられたシステム構築理論、安全性立証法など。例えば ・物理や化学などの自然法則 ・フェールセーフシステムの構築理論 ・安全確認形のシステム構成理論

したがって、実験データだけでなく、長い歴史と経験に裏付けられた“実績”のある技術、戦略、制度などもエビデンスとして重要と考えられる(表1参照)。この中に、欧州の機械安全技術や社会制度がある。具体的には、機械安全国際規格 ISO12100に定められたリスク低減戦略、モジュール方式による適合性評価および第三者認証制度などがある。

また、自然法則や論理などの理工学に裏付けられたシステム構築理論や安全性立証法なども、ここでいうエビデンスに該当する。以後、これらを“理論”に基づくエビデンスと呼ぶ。この具体例に、物理や化学などの自然法則やフェールセーフシステムの構築理論などがある。

このように、EBSの体系では表1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、筆者らは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2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3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。