

## 日本における安全活動の歴史と、機械の包括的な安全基準について

独立行政法人 産業安全研究所

機械システム安全研究グループ 清水尚憲

### 1. はじめに

日本の安全活動の歴史は、明治44年の「工場法」公布以来、その時代背景を考慮した活動が進められてきた。当初は、管理・規制によって労働災害を減少させてきた。確かに現場の安全確保は、作業者の注意・訓練で実現されていた面がある。事実、そのような活動によって、労働災害は減少してきた。しかしながら、近年、事業場において使用される機械は多岐にわたるとともに、技術革新も導入されている。そこで、このような事業場におけるさらなる労働災害の減少を目的として全ての機械に適用できる「機械の包括的な安全基準に関する指針」を策定し、2001年6月1日付け基発第501号通達として公表した。

これは、国際規格ISO12100（機械類の安全性-基本概念）を基本とするもので、機械の安全化に関する手法を規定するものである。この指針の特徴は、従来からの危険性の高い特定の機械を中心とした安全対策のみならず、すべての機械に適用できる包括的な基準を示したもので、機械を設計・製造するメーカーと、その機械を使用するユーザーが行うべき対策を、優先順位を付けて示している点である。また、従来のような事故後に行う「安全対策」から、事前に適切なリスクアセスメントによって行う「安全方策」へとその考え方を大きく変えている点が重要である。本講演では、この指針にそって今後、国際的な安全規格の流れの中でどのようにして機械設備における労働災害を撲滅していけばよいかを述べる。

### 2. 日本の安全活動の歴史

明治時代の日本は、「富国強兵、殖産興業」をスローガンとして産業を発展させて行った。その産業を担ったのは、紡績・生糸などの繊維産業で、その労働力は「女工」と呼ばれる女性労働者達であった。労働環境はかなり悪く、長時間労働と非衛生的な生活環境から結核になることも多かった。また、繊維産業を並んで明治の産業を担った炭坑でも一度に200人・300人を超える死者を出す大規模な爆発災害が相次いで発生した。このような状況下で、明治44年に工場法が制定された。これは我国最初の労働立法である。

大正時代に入ると、労働災害防止に対する社会的関心が高まり、「災害防止展覧会」（大正 8 年 5 月）が文部省東京教育博物館の企画により開催された。この展覧会でアメリカから輸入した「安全第一運動」を推進し、同年 6 月に我国初の「安全週間」が行われた。安全のシンボル「緑十字」はこの行事から使用されている。

昭和時代に入ると、第一次大戦後、軍需増大で景気が回復する。しかし、この景気回復と共に、労働災害が増え出した。このような情勢の中で、安全運動は大きく進展した。昭和 3 年に安全週間が全国規模で開催されるようになり、昭和 7 年には全国産業安全大会（現、全国安全衛生大会）が開催された。そのような活動の結果、各事業場でも安全衛生に積極的に取り組むところが出てきた。しかし、昭和 12 年の日中事変を経て昭和 16 年の大平洋戦争が始まると労働者の保護という観点での安全衛生活動は棚上げされることになった。

第 2 次世界大戦の終結後、連合軍総司令部による民主主義政策が導入され、昭和 22 年、工場法に代わって、労働基準法、労働安全衛生規則が制定された。また、労働者の福祉向上等を目的として労働省が発足した。昭和 25 年の朝鮮動乱をきっかけにして、日本経済はようやく復興の兆し見ることになる。それと同時に安全衛生運動も復活し始めた。

昭和 30 年代に入ると、日本の経済は高度成長を始めたが、その一方で今までになかった労働災害形態や、公害などが発生し、昭和 36 年には死傷者数が 6712 人とピークを記録した。このような事態を受けて昭和 33 年に国の産業災害防止総合 5 ケ年計画がスタートした。また、昭和 39 年には中央労働災害防止協会が設立された。また、産業社会の急激な進展と変化に対応するために、最低基準の維持にとどまらず、より、快適な職場環境を形成することを目的として昭和 47 年に労働安全衛生法が制定した。

昭和 61 年には、従来から行なわれてきた人による安全対策に代わって機械側で安全を確保するためのアプローチとして安全確認型安全構造を提案した。このころから、安全に関する考え方について国際規格が次々に制定されることになった。最近では、日本でも国際的な安全規格を踏まえた上で機械の包括的な安全基準が提案されている。

### 3. 災害発生状況

日本の労働災害による死傷者数は、昭和 36 年をピークとしてその後減少を続け、昭和 51 年から 3 年間は、一時増加傾向に転じたものの、昭和 54 年から再び

減少傾向を示している。死亡者数は、平成10年以降2000人を下回っている。労働災害による被災者数は、減少傾向にあるものの、いまだ年間約2000人の労働者が死亡するという状況にあり、また、労働災害による被災者総数は年間約57万人に及んでおり、その社会的・経済的損失は膨大なものである。

#### 4. 日本と欧米の安全に関する考え方の違い

日本と欧米では、「安全」に関して考え方の違いがある。日本では、「安全」は「安らかで危険のないこと」として、「危険」とは、「危害または損失のおそれがあること」とされている。したがって、日本における安全は、「危害がないこと」であり、欧米における「安全」が「ある程度の危害を許容している」のに対して日本の「安全」は「絶対安全」を求めてきた。

このため、日本では小さな怪我から重大な怪我まですべての怪我はいっさい発生させてはならない」という考え方に基づいた対策が行われてきた。一方、欧米では、「危害を全くなくす事はできないので、許容できる怪我は発生してもやむを得ない。しかし、許容できない重大な災害は絶対に起こしてはならない」とし、危害の大きさと危害の発生する確立からリスクレベルを評価して、万が一許容可能なレベルに達していないものがあれば、優先的に対策を実施してきた。その結果として、日本では災害の件数が減り、度数率は減少してきた。しかし強度率は欧米にくらべると高い。すなわち重大災害の比率が高いことを示している。日本における度数率、強度率、労働損失日数の定義は下記の通りである。

- ・ 度数率：労働時間100万時間あたりに発生する死亡及び休業4日以上 の休業者数
- ・ 強度率：労働時間1000時間あたりの災害によって失われる労働損失日数
- ・ 労働損失日数：死亡は7500日、後遺症障害の程度に応じて5500日から50日に規定、障害が残らない災害の場合は、休業日数に300/365をかけた日数  
例えば英国と日本を比較すると、度数率は日本が若干低い、就業労働者数に対する死亡者数は数倍となっている。プレス機械による災害のうち、後遺症を残す災害も数倍高い値である。

日本は「高度な信頼性技術と人の教育・訓練に依存した安全」を進めてきたのに対して欧州では「人は必ずミスを犯す、また機械は必ず故障が発生するという前提に立った安全対策」を実施してきた。以下にそのような思想の違いによる日本と欧米の安全に対する考え方の違いを示す。日本も、安全を論理的に

考え、安全を立証できる技術を確立して、リスクレベルに対応した安全方策を構築することが求められている。

#### 4.1 日本の考え方

- ・ 災害は努力すれば、2度と起こらないようにできる。
- ・ 災害の主原因は人である。
- ・ 技術対策よりも人の対策を優先する。
- ・ 管理体制を作り、人および設備の安全化を目指し、災害が発生するたびに、規制を強化する。
- ・ 安全は基本的にただである。
- ・ 安全にコストを認めにくい。
- ・ 見つけた危険をなくす技術（危険検出型安全技術）
- ・ 度数率（発生件数）の重視

#### 4.2 欧州の考え方

- ・ 災害は努力しても、その技術レベルに応じて必ず起こる。
- ・ 災害防止は、技術的問題である。
- ・ 人の対策よりも技対策を優先する。
- ・ 人は必ず間違いをおかすものであるから、技術力の向上と、努力がなければ安全を確保できない。
- ・ 設備の安全化とともに、事故が起こっても重大災害に至らない技術対策が必要。
- ・ 安全は基本的にコストがかかる。
- ・ 安全にはコストをかける。
- ・ 危険源を抽出し、そのリスクを評価し、評価に応じてコストをかけ、起こるはずの災害の低減化にたいして努力をする。
- ・ 論理的に安全を立証する技術（安全確認型技術）
- ・ 強度率（重大災害）の重視

#### 5. 安全性構築の基本的な考え方

機械設備に危険源が存在する場合、人がその危険源に介在することで危険状態となり、その際不適切な安全方策が講じられていた場合は、危険事象が発生する。また、その際に、人が危険事象からの回避に失敗すれば障害に繋がる事

が考えられる。そこで、許容可能なリスク以下になるような安全方策を施すことで、結果的にこの危険状態での危険事象発生を防ぐことになり、重大な災害を発生させないシステムが構築できる。

なお、「リスク」とは、「危害の発生する確立及びその危害のひどさの組合せ」であり、「安全」とは、「受入れ不可能なリスクがないこと」と定義されている。ガイド51では、リスクレベルを「安全方策なしでのリスク」、「許容可能なリスク」、「残留リスク」の3つの状態で表わしている。矢印で示される範囲は、それぞれが重なりあう範囲を含むことを示している。例えば、安全方策なしの状態で、許容可能なリスクレベルにある場合や、安全方策があまりにも高価となるために許容可能なリスクレベルに特別な条件をつける場合等である。

## 6. PL 問題から見た製造者の責任範囲

製品を製造する場合、本来の目的と用途を逸脱した使い方をユーザーがすれば、危険な状況が起こる可能性は高くなる。受注生産や特注品のように、ユーザーと個別に契約を交わし、製作される製品であれば、計画段階でその使用目的が明確になり、使用方法についても逸脱される可能性は低くなる。しかし、一般消費者を対象とした製品、工業部品、材料などは、大量生産され、それぞれの複雑な流通経路を経て最終的なユーザーへと手渡されることとなる。その際、その製品本来の意図した使用目的や用途を逸脱した使い方をされたとしても個々の製造業者は把握することは難しい。米国の、UCC(Uniform Commercial Code:統一商法典)やUPLA(Uniform Product Liability Act:モデル製造物責任法)によれば、特定目的の適合性の黙示の保障はユーザーの期待する基準で判断される要素があり、業界の慣行に基づく黙示の保障は同業他社の同種の製品との比較で決まる要素がある。ユーザーは、設計・製造者の意図する製品の使い方を逸脱した使い方を行ないがちである。その製品の意図した使い方の範囲をこえて使用しないようにユーザーの行為を意図した範囲内にとどめさせなくてはならない。しかし、設計者の意図した使い方を逸脱しても次のケースについては、設計・製造者が責任を持たなくてはならない。

- ・ 予見可能なユーザーの逸脱した使い方

ユーザーの逸脱した使用が予見可能である場合には、判例法の原理から、そのような使用に対してリスク低減の措置や警告を適切に行なっていたか否かが問われる。

・ ユーザーの一般的慣行に基づく製品の使い方

ユーザーが習慣的に行なってしまう製品の使い方に関因する事故は、設計・製造者の責任となる。EC加盟国の機械関係法規近接化に関するEC指令においても、ユーザーの習慣的な使い方については設計時に考慮しなければならないと規定している。

## 7. リスクアセスメントの実施

### 7.1 機械の制限事項の決定と、予見可能な誤使用に関しては次の項目についての検討が必要となる。

(ア) 使用上の制限：正しい使用及び操作を含めて、合理的に予見可能な誤使用を含む使用の制限

(イ) スペース上の制限：機械の可動範囲や、保全等によって接触可能な領域に関する制限

(ウ) 時間的制限：機械の寿命上の制限

以上の使用上の制限を明確に定めることにより、危険源の同定を行う。

### 7.2 危険源、危険状態および危険事象の同定

危険源とは、「障害または健康障害を引き起こす潜在的根源」と定義されており、機械設備における危険源の種類は次の通りである。

(1) 機械的危険、(2) 感電等の電氣的危険、(3) 機械相互の連動の不備による危険、(4) 高圧流体の放出による危険、(5) 熱的危険、(6) 火災・爆発による危険、(7) 騒音による危険、(8) 振動による危険、(9) 材料及び物質による危険、(10) 放射線による危険、(11) 墜落による危険、(12) 重量物の搬送による危険、(13) すべり、つまずきによる危険、(14) 安定性の欠如による危険、(15) 材料の破壊、破損による危険、(16) 表面、エッジ、角等による危険、(17) 人間工学的原則の無視による危険

なお、表 は、(1) の機械的危険を例にした危険状態と、危険箇所を示したものである。

### 7.3 同定された危険源、危険状態および危険事象のリスクの見積もり

リスクとは、危害のひどさと危害起こりやすさの2つの要素の組み合わせで示される。ここでいう危害の起こりやすさとは、1) 危険源への暴露頻度と時間、2) 技術的または人的要因による危険事象の発生確率、3) 危険回避または制限

のための可能性によって定められている。

リスクグラフとは、リスクの見積もりと危険度レベルの決定を行うための解析方法である。障害の程度 C と、暴露の頻度 F、危険回避の可能性 P によるリスク見積もりの結果は I、II、III、IV、V で表わされ、この結果はリスクカテゴリーと呼ばれる。

#### 7.4 リスク評価

リスクグラフによって得られたリスクカテゴリーに対応する安全方策を評価するために同図右側のマトリックスを使用する。リスクの大きさ I から V が危険事象発生確率 Q を示しており、それぞれのレベルに対応した安全方策性能が要求される。また、その性能は B、1、2、3、4 で示される。マトリックス内の N は推奨される安全方策のレベルを意味しており、(N) は場合によって適用するレベルを示す。

#### 7.5 リスク低減の判断と安全方策

機械の安全方策は a. b. c. d. の 4 通りに体系付けられている。a. の本質的安全設計は、初期の設計段階で実施される安全方策である。b. c. は、a. の方策でリスク低減が不十分な場合の安全方策を意味している。b. の安全防護には、「危険区域が安全な状態にならない限り、人の進入を許可しない方策（隔離による安全防護）」と、「危険区域には人は進入可能だが、万一進入した場合、機械可動部が停止する方策（停止による安全防護）」がある。c. の追加予防策は、a. b. c. の以外の方策で非常事態を意図した予防策として非常停止や補足された人の救出手段、安全に寄与する方策としてのエネルギー遮断及び消散（エネルギーゼロ状態の確保）の手段や機械に安全に接近するための準備等機械の運転に直接関係しない安全方策を示している。d. の使用上の情報とは、上記の安全方策を行ってなお残るリスク（残存リスク）に対する安全確保の措置で、例えば、取扱説明書などの通知である。なお、これら安全方策は a. b. c. d. の順位で優先されなければならない。

#### 7.6 安全機能のカテゴリー

リスクを低減させるための安全防護装置は、陶然、正常性確認がその安全機能に盛り込まれていなければならない。すなわち、要求されるリスク低減だけではなく、故障時に機械を停止させる保障をすることが求められる。カテゴリー

ー1は、安全対策の信頼性が高いことを、カテゴリー2は、装置の故障が例えば機械起動時に判明することを求めている。カテゴリー3は、例えば装置の二重化によって単一故障に対しては機械の停止を保障するものであり、カテゴリー4では複数の故障であっても全て機械の停止を保障するものである。

最近では、強制引き離し機付き安全リレーや、ドアインターロックスイッチ等の高カテゴリーに対応した製品が供給できるようになっている。

## 8. まとめ

日本では、この「機械の包括的な安全基準に関する指針」にならい、従来の安全管理や、安全対策（災害がおこった後に実施される安全確保の措置）と共に、安全方策（災害がまだおこらないうちにリスクアセスメントに基づいて実施される安全確保の措置）を実施することで、安全が作業者の教育・訓練に委ねられてきた今までの手法に変わって、機械設備の安全化が図れることを期待している。また、実際には、「労働安全衛生マネジメントシステムなどと併用して職場に普及することで、合理的で体系的な安全確保が可能となる。