

# 安全目標の構築

松岡 猛

## 1. はじめに

私たち市民は日々の生活のなかで種々のリスクに曝されて生活している。これらのリスクを深く考えることなく受容している場合もあれば、不安を感じながらも行政等によって定められている基準値に従っている場合もある。果たして、これらのリスクの大きさは整合性をもって合理的な水準に達成されているのであろうか。

工学システム全体を通して安全目標を考えた時、どのように整理すればよいかを考えてみた。工学システムにおける安全は、科学的合理性に基づき決定すべきであり、安全目標としてリスクの考え方を採用することが有効であるとの前提で検討を進めた。

工学システム（プロセス、製品も含む）に関する規制・研究開発・設計製造・運営を行う者が、実施すべき施策・活動を検討する際の安全の考え方、受け入れられるリスクの考え方を検討した。それにより、製造者等は、他の事業・システムの状況も参考にしつつ現状の事業・システムの状況と安全目標の参考値を比較することによって、安全のレベルや課題を認識できるようになる。

ここでの基本的な考え方が、関連各分野における安全目標決定の参考資料として活用されることを期待している。さらには、社会活動や市民生活における安全の判断にも資することになれば幸いである。

## 2. 日本学術会議における安全目標検討の経緯

日本学術会議では、長年、工学システムに関する安全工学の立場からの検討、安全工学シンポジウムを主催しての学協会横断での情報交換、日本学術会議からの発信等と安全に関する活動を幅広く行ってきている。

第17期の日本学術会議では、安全に関する特別委員会を設置し「安全学の構築に向けて」を報告している<sup>[1]</sup>。その後、第18期ヒューマン・セキュリティの構築特別委員会から「安全で安心なヒューマン・ライフへの道」<sup>[2]</sup>を、第19期特別委員会から「安全で安心な世界と社会の構築に向けて－安全と安心をつなぐ」の報告が出されている<sup>[3]</sup>。また、人間と工学研究連絡委員会安全工学専門委員会では、第19期において「安全・安心な社会構築への安全工学の果たすべき役割」<sup>[4]</sup>および「事故調査体制の在り方に関する提言」<sup>[5]</sup>の公表を行った。

工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会が前々期の第20期より設置され、我々の生活の利便性向上のために取り入れている各種工学システムの安全とリスク、そしてそれが我々にとり安心できる状況であるか、という点を念頭に議論を進めた。その過程では安全目標に関しても関心が高く深い議論が持たれた。分科会の議論に基づいた総合的な報告が『学術の動向』平成21年9月号に特集として載せら

れている<sup>[6]</sup>。そこでは分科会での多様な議論を報告したが、その中の「安全目標—リスクと安全・社会の安心—」の記事には各分野での安全目標の考え方の概要が記されている。

第22期において、安全目標をさらに深く検討するため、新たに分科会内に「安全目標のガイドライン検討小委員会」を設置し、広く工学システムの各分野を比較しつつ、安全目標の考え方を検討してきている。そこでは、安全目標について工学システム全体を通して考えた時、どのような考え方で整理すればよいかを中心に議論している。

### 3. なぜ安全目標を提案するのか

組織や企業は、その組織目的の達成を目指しつつ、社会や生活の向上に貢献してきた。その活動の中で、多くの工学システムが開発・運用され、多くの成果を創出してきたし、その発達はこれからも必要不可欠なものである。しかし、科学技術の発展は、工学システムの機能の向上をもたらすとともに、望ましくない大きな影響をもたらすリスクをも増加させてきた。

この工学システムの持つリスクやリスクの顕在化を抑制するために、安全に関わる多くの研究開発がなされてきた。また、社会的には、安全規制に関する検討も進み、工学システムの開発・運用に関する安全向上に寄与してきた。

しかし、工学システムが高度・大規模になる



#### PROFILE

松岡 猛  
(まつおか たけし)  
日本学術会議第三部会員、宇都宮大学基盤教育センター非常勤講師  
専門：システム工学、信頼性工学、安全工学

につれ、安全の向上に関する検討は、再発防止という経験に基づく対応に加え、経験の無い事故をも防ぐ未然防止策を向上させることが重要となってきた。

これまで、工学システムの開発・運用における規制は、社会・生産活動の多様性の中で必要条件として提示され、また、その性格上被害の発生が明らかになったことに対して重点的に検討・作成されることが多いという特徴があった。工学システムの開発・運用者は、規制を順守する一方、新たな科学技術社会の創造にふさわしい安全目標を掲げ、工学システムの安全性を高めていく必要がある。

さらに、安全の対象は人的影響にとどまらず、社会的影響も考慮することが重要となってきた。工学システムが社会生活の豊かさに寄与するため、工学システムの開発者、運用者のそれぞれが、工学システムの持つリスクに対して、規制の範囲にとどまらずその安全性を追求していくことを支援するガイドラインとして安全目標が必要となる。

## 4. 安全目標検討のための前提

工学システムは、その時代の科学技術水準の最善を尽くし種々の安全対策をとっても、それが社会に与える負の影響を0にすることはできない。あるリスク対策をとっても別のリスクを派生させるということもある。そのため、工学システムにおける安全目標は、科学的合理性に基づき決定すべきである。

安全目標策定に関する前提を以下のように捉えた。

①安全目標は、時代と共に変化するという認識に立ち、理想的な社会状況を目指した理念的なものではなく、現代社会において実現が可能なものとする。なお、実現可能ということは、現状追認ではなく、今後の努力により技術的にも経済的にも達成可能なものという意味である。

②安全目標の設定においては、経験した事故の再発防止はもちろんのこととして、未然防止の考え方を重視する。ここでいう未然防止とは、発生の防止のみならず事象が拡大することを防ぐ概念も含む。

③安全目標は、人命に加え、社会リスクの観点も考慮に入れて対象のシステムの稼働・不稼働がもたらす人・社会・環境への多様なリスクを勘案して決定すべきものである。ここでいう多様なリスクの勘案とは、多様な価値観が存在する状況下で許容できるリスクのバランスの在り方を考え、社会的合意を得るための概念である。

④製造者、運用者と利用者の責任をバランスよく考える必要がある。

## 5. 安全目標の検討

工学システムに関する社会の安全目標の構築を検討するに際して、各種工学システムの安全に関する実態を調査し整理を行なった。安全目標値を提案している分野、国の定めた規制値、基準値に従っている分野、明確な目標値を持たない分野等、それぞれの違いが大きいことが判明した。これらの情報を基に以下の項目に沿って検討を進めた。

### (1) 安全とは

#### ①安全の定義

本検討では安全の定義として、「受容出来ないリスクがないこと」(ISO/IEC Guide 51)を念頭において議論を行った。この定義によれば、安全目標は受容できるリスクを明らかにすることではなく、基本的には受容できないリスクを明らかにすることとなる。

#### ②安全の対象となる事項

生命、心身の健康（短期、長期の健康被害・傷害・障害の視点も重要）、財産、環境、情報（喪失、漏洩）、経済、物理的被害、社会的混乱、等

③安全を検討する際の事故・災害のハザード  
自然現象、人的要因、機械的要因、化学的要因、システム的要因

#### ④安全を向上するための施策

未然防止、拡大防止、回復力の向上、等

## (2) 安全目標の要件

①目標は、達成可能なものでなくてはならない。

- 目標は、社会的公平性を前提とするものであること。
- 目標は、現状追認であってはならない。
- 目標は、マイルストーンを明確にして、達成時期を明示する。

②目標は、社会や技術の状況によって変わるものである。

- 目標は、対象・被害形態・影響の大きさ、得られる便益の大小、経済的実現性、選択肢の有無等によって変わる。
- 各工学システムの安全目標は、そのシステムの過去の実績にとどまらず、環境等の変化、潜在するリスクも考慮した将来の状況も含んだものである必要がある。

③目標の作成プロセスは、透明性・合理性がなくてはならない。

- 科学的根拠に立脚し、検証が可能であるものでなくてはならない。
- 多くの人にとり、解釈が容易で明確であるものとする。

④目標は、各自の施策に反映できるものでなくてはならない。

- 工学システムとしての製造から廃棄までの間を通じての安全目標が必要である。
- 供給者・管理者として、施策に反映できるものであること。

• 一市民の立場からの安全の判断にとっても、有意義でなくてはならない。

⑤目標は、人々に希望をもたらすものでなくてはならない。

- 将来の制度改定、技術開発、意識改革に繋がるものであること。

## (3) 二種類の基準値

安全目標を検討した結果、最低限満足すべきものと満足すれば無条件で許容できるものの二種類があるとの結論に至った。図1に示すような、目標値としては達成出来ない場合は許容されない基準値（A）と更なる改善を必要としない基準値（B）の二種類の基準値である。この目標の達成に関しては、工学システムの事故を未然に防いだり、事故影響の拡大を防いだりすることに加えて、避難等の対策によって対象とする被害を目標以内に抑えることも含まれる。

## (4) 対象別安全目標の考え方

### ①人命を対象とした目標

人命を対象とした目標も、すべてを同一基

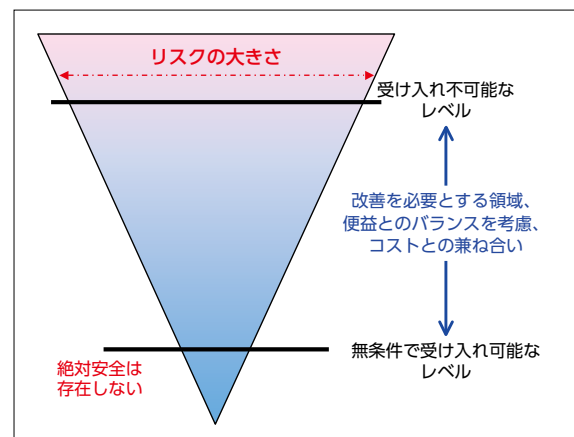


図1 安全目標二種類の基準値

準で考えられるわけではない。まず、その事故が、多くの人に関するものか、不特定の個人に関するものかによって、目標の考え方は異なる。さらに、1回の事故が影響を与える人数によっても、安全目標の設定の仕方は異なる。

さらに、死亡リスク以外に障害の重度等に応じた目標も別に定める必要がある。

また、安全目標とリスクを比較する工学システムの単位は対象とする事故によっても異なる。例えば、化学プラント等の施設を主体とした工学システムは、1事業所単位で考えるものであるが、自動車の交通システムのように、社会において多くの輸送体がシステムとして機能しているものや情報システムのようにネットワークとして考慮すべきものは、そのシステムの特徴を踏まえて判断すべきである。

工学システムにおいて、対象となるシステムの使用を止めても、そのことによるリスクが発生しない場合は、ゼロリスクの達成が可能である。代替システムを導入する場合は、当然ながら代替システム導入の場合のリスクとシステムを停止した場合のリスクを比較して判断する必要がある。

## ②社会的リスクに対する目標

社会的な影響（人的な影響も含む）が大きくなる工学システムにおいては、事故が発生した際の被害軽減対策の実効性が検証できない場合、軽減策を考慮せずに安全目標を達

成することが求められる。

経済的影響が大きいリスクに対する安全目標として以下の点を考慮した。1回の事故の影響が甚大な場合はリスクアバージョンの考えからより厳しい発生確率を設定すべきと考える。自動車事故のように1回の事故の影響が限定的でも事故発生の頻度が多い場合は、利便性との関係で国民の合意を得る必要がある。システムや製品の存在をなくすことが社会的に大きな影響を及ぼす場合は、そのシステムや製品が提供する機能の全体リスク最適化の視点で判断をする。経済的影響としては情報システム等が及ぼす大規模な社会基盤への影響も含めて考える。

環境的影響が大きいリスクに対する安全目標では、環境の回復が可能な場合と回復不可能な場合に分けて検討する。

物理的被害の規模の大きいリスクに対する安全目標では、原因となるハザードの除去が別の大きなリスクをもたらさない限りハザードの除去を目標とすべきとした。技術的・経済的に事前の対応が可能な事象では、被害の拡大を防ぐために必要な対策を実施すべきである。この対策には、影響が敷地外に影響を及ぼさないことといった影響の限定化も含まれる。

ハザードや対象システム・物質・プロセス等の排除が、別の大きなリスクを伴う場合は、対策により対応せざるを得ない。可能性のあるリスクを総合的に評価し、社会・生活

にとって最適な対策を講じる。最適な対策とは、科学的合理性に基づき、社会の合意により決定されるべきものである。相互に比較するリスクは、その影響の種類が異なるため、数値的に一意にその最適性が定まるものではなく、その時点での社会の価値観やニーズを反映して定めることになる。

#### (5) リスク許容の判定をする際の注意事項

ア 対象の製品・プロセスから恩恵を受けないステークホルダーのリスクにも注意をする。

イ リスクの低減対策は、技術の可能性、対策の費用対効果を勘案して行う。

ウ 壊滅的な被害をもたらす影響を避けることは、経済的合理性に優先する。

エ リスクの算定結果が、評価に耐える品質レベルになれば、判定に使用してはいけない。

オ リスクの低減対策は、その対策効果を明らかにする必要がある。

## 6. 安全目標の試案

まず、現状で人々が無条件で受け入れていると考えるリスクを見てみよう。米国「食品品質保護法」では、生涯発がんリスクレベル100万分の1が目標値とされている。すなわち、 $10^{-6}$  / 生涯の値が設定されている。英国 Health and Safety Executive (HSE) は広く受け入れ可能なリスクの上限を  $10^{-6}$  / 年と設定してい

る。これは労働災害についての議論なので年間1,800時間の労働時間とすると生涯リスクは約  $1.4 \times 10^{-5}$  / 生涯と算出される。日常生活におけるリスクの0.1%の増加は大多数の人々が受け入れるであろうと考える仮説に基づいて算出すると  $5 \times 10^{-6}$  / 生涯の値が出てくる。

基準値B（無条件で許容可能な生涯リスク）は現状では、 $10^{-5}$  / 生涯 ~  $10^{-6}$  / 生涯となっているようである。

一方、受け入れ不可能なリスクを、同じくHSEは  $10^{-3}$  / 年と労働災害において設定している。これは一般人の  $10^{-2}$  / 生涯のリスクに相当している。また、1 / 生涯のリスクの0.1%の増加（先の仮説）に相当するリスクは  $10^{-3}$  / 生涯となる。

基準値A（受け入れ不可能な生涯リスク）は現状では、 $10^{-2}$  / 生涯 ~  $10^{-3}$  / 生涯となっているようである。

日本学会会議の検討においては、安全目標設定を、理念的なものではなく、技術的かつ経済的に実現可能なものとした。そして、経験した事故の再発防止はもちろんのこと、未然防止の考え方を重視した。さらに、社会の安全目標の実現に向けて、製造者、運用者と利用者が、それぞれの立場に応じてバランスよく責任をとるべきとした。

試案の検討は、種々の工学システムにおける現状・考え方を参考に、本論で紹介した検討項目に沿って進めた。その結果、人命を対象とし

た安全目標については、その影響の範囲や規模によって一律に定められるわけではないということを確認した上で、工学システムの事故等が一定の規模以内で、不特定の人に対する事故に対して、そのシステムの事故による個人の生涯死亡リスクとして、基準値 (A) を少なくとも  $10^{-3}$  / 年 ~  $10^{-4}$  / 年にすること、基準値 (B) は、 $10^{-5}$  / 生涯 ~  $10^{-6}$  / 生涯以下を当面の目標とすることを提案する。また、基準値 (A) と基準値 (B) の間は、リスクを総合的に判断して対応を定めることになる。

社会的に影響の大きなリスクをもたらす工学システムの安全目標は、対象とする工学システムの社会に寄与する便益と与える被害の甚大さの組み合わせによって、異なる目標を設定すべきとした。

また、この安全目標の使用においては、リスクや対策の評価の信頼性が重要であるため、評価に際して十分の注意を要することも明記した。

#### (参考) 用語の定義

本論での議論が不確定・あいまいなものとならないように、主要な用語の定義をここに記しておく。

- **ハザード**：人的あるいは物的損失を引き起こす事故の潜在力。安全分野においては、危険な事象を指すこともある。
- **リスク**：人間の生命や経済活動にとって望ましくない事象の不確かさの程度およびその

結果の大きさの程度の組み合わせ (Guide51 の定義)。リスクの事例としては、死亡リスク、傷害リスク、環境リスク、経済損失リスクがある。

- **許容可能なリスク (tolerable risk)**：社会における現時点での評価に基づいた状況下で受け入れられるリスク (JIS Z 8051 の定義)
- **危険**：安全が損なわれそうな状態。
- **安心**：安全であり、かつ安全であることが信じられること。(または、規制や事業者が信頼できている状況。)
- **便益**：有用性の評価値。あるシステムを導入した場合のリスク減少量も便益に加えて考える。
- **安全目標**：現状のレベルと比較でき、その許容レベルを定めるもの。ステークホルダーを考慮に入れた実現可能な目標。
- **工学システム**：多数の要素が有機的に結合し、全体として特定の機能をもつもの。本報告では、プロセス、製品を含めて検討する。
- **社会的公平性**：特定の地域・集団・個人だけが大きなリスクを負わないようにすること。ただし、リスクの影響を他の施策により代替することは、社会的に許容される。

.....

#### 参考文献

- [1] 日本学術会議、安全に関する緊急特別委員会、「安全学の構築に向けて」、2000年2月28日
- [2] 日本学術会議、ヒューマン・セキュリティの構築特別委員会、「安全で安心なヒューマン・ライフへの道」、2003年3月17日

- 
- [3] 日本学術会議、安全・安心な世界と社会の構築特別委員会、  
「安全で安心な世界と社会の構築に向けて—安全と安心をつなぐ—」、2005年6月23日
  - [4] 日本学術会議、人間と工学研究連絡委員会安全工学専門  
委員会、「安全・安心な社会構築への安全工学の果たすべき役割」、2005年8月31日
  - [5] 日本学術会議、人間と工学研究連絡委員会安全工学専門  
委員会、「事故調査体制の在り方に関する提言」、2005年  
6月23日
  - [6] 学術の動向、[特集1] 工学システムに関する安全・安心・  
リスク、2009年9月号、7頁～55頁