

## 原子力安全部会セッション「福島第一原子力発電所における今後のリスク要因とその防護策」

**(2) 工学システムにおける安全目標の考え方**

## (2) Approach to Safety Goals for Engineering Systems

\*松岡 猛<sup>1</sup><sup>1</sup>宇都宮大学**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。工学システムは、その時々々の社会が求める最適な価値を提供しているが、高度化するにしたがい安全の確保が社会の重要な要求となり、そのためには安全のレベル、安全の目標を定める必要が出てきた。本論では日本学術会議での議論をもとに、安全目標の考え方について見解を述べる。

**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た。工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会が第20期より設置され、各種工学システムの安全とリスクという点を念頭に検討を進めてきている。分科会の議論に基づいた報告が『学術の動向』に特集として載せた [1]。その中の「安全目標ーリスクと安全・社会の安心ー」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を検討し、2014年9月には報告「工学システムに対する社会の安全目標」 [2] をまとめた。

第23期では、安全目標の基本的考え方の各分野での適応性を中心により具体的な検討を進めている。ここでは工学システムに限定することなく、より広い分野での安全目標のあり方の検討が必要との立場から、昨年6月には日本リスク研究学会との共催の「社会の安全目標とリスク・アプローチの役割」シンポジウムを開催、7月には安全工学シンポジウムにおいてパネルディスカッション「安全目標」を実施、更に同じく7月には原子力総合シンポジウムにおいて原子力安全と安全目標の関係についての報告を行い意見交換を行った。本年3月には学術の動向の特集「社会における安全目標その多様な展開」 [3] で総合的な報告を行った。ここでは、工学システムに限らない主要な分野の安全目標の考え方を一堂に紹介し、考え方の整理を試みている。

**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。

工学システムに関する規制・研究開発・設計製造・運営を行う者が、その活動を行う際に規制の範囲にとどまらず高い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位置づけられる。つまり、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を比較することによって、その乖離や課題を認識し、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ことができる。

#### 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、環境汚染・破壊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. 安全目標の枠組み

工学システムに関する社会の安全目標の検討に際して、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に示す項目に沿って検討を進めた。

##### 5-1. 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

##### 5-2. 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こと。

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し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。

### 5-3. 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。

### 5-4. 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、不特定な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。

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。

## 安全目標の考え方

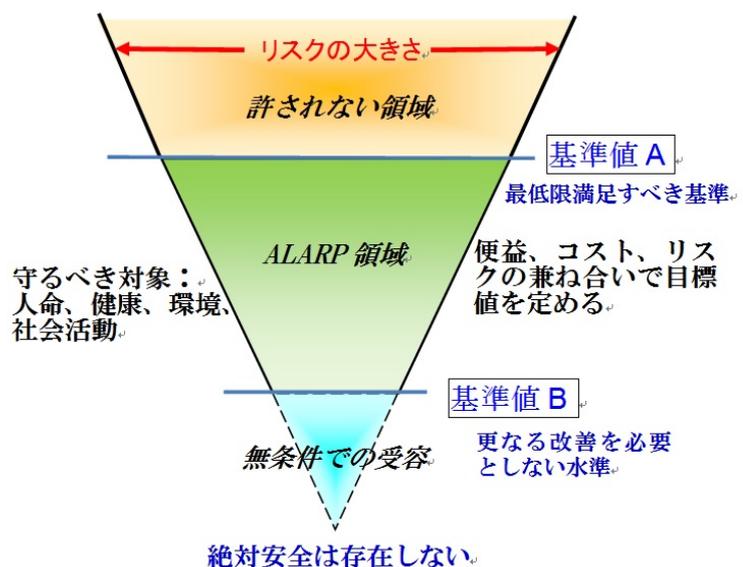


図1. 二種類の安全目標

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。

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。

#### 5-5. リスク許容の判定をする際の注意事項

- ①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。
- ②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。
- ③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。
- ④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。
- ⑤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. おわりに

工学システムのリスクと安全目標の考え方に関し種々の側面からの検討を述べた。二種類の基準値 A、B の具体的な数値については、現状での社会の受容レベル、各種基準値、規制値等を参照し、日本学術会議から提案させて頂いている。ここで述べた安全目標に関する基本的な考え方が、多様な分野で安全目標を決定する際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。

#### 参考文献

- [1] 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
- [2] 日本学術会議総合工学委員会工学機械工学委員会合同工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会報告、工学システムに対する社会の安全目標（2014年9月17日）
- [3]学術の動向、[特集1] 社会における安全目標その多様な展開、2016年、3月号、7頁～60頁

---

Takeshi Matsuoka<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Utsunomiya University