



時論

工学システムに対する社会の安全目標と原子力発電



松岡 猛 (まつおか・たけし)

宇都宮大学 非常勤講師
 東京大学大学院修了, 工学博士。海上技術安全研究所領域長等を経て, 宇都宮大学教授。学術会議第三部会員, 消費者安全調査委員会工学等事故調査部会委員。原子力学会会員。専門はシステム工学, 信頼性工学, 安全工学。

工学システムは, その時々社会が求める最適な価値を提供しているが, 高度化するにしたいが, その安全の確保が社会の重要な要求となり, 安全に関する考え方やその目標のあり方を定める必要が出てきた。安全の目標を, それぞれの立場ごとに設定したのでは, 社会としての整合性が取れなくなる。日本学術会議では, 現代社会において実現すべき安全目標のあり方を取りまとめ報告として公表した¹⁾。本論ではそこでの議論をもとに, 原子力発電施設との関連を含めて安全目標について見解を述べてみたい。

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, リスクをゼロにすることはできない。したがって, 工学システムにおける安全目標は, 「リスクをゼロにする」という理想を掲げるだけでは現実的な目標になりえず, 科学的合理性に基づき決定することにより, 具体的な安全の向上を図ることとなる。それ故, 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。

ここでリスクとはなにかを見ておこう。ISO/IEC ガイド 51 によると, リスクとは「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」である。発生確率と被害規模の積ではなく, 組み合わせとなっている。

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。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。

日本学術会議では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った[文献 1)の参考資料]。安全目標値を提案しているところ, 国の定めた規制値・基準値に従っているところ, 明確な目標

値を持たないところ等, 分野による違いが大きいことが判明したが, それぞれの特徴を捉えた規制値・基準値となっており, 安全目標の検討にとり有効な資料となった。

安全目標は, 人命のみではなく対象システムの稼働・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。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あり方を考え, 社会的合意を得るための概念である。この概念を最適化という言葉で表すことがある。

安全目標を検討した結果, 「対象とする工学システムが如何に社会に対して有効な機能を有していても安全の確保のために最低限満足すべき要求」であるものと「満足すれば無条件で許容できると考えられる, すなわち更なる改善を必要としない」ものの二種類があるとの結論に至った。前者を基準値(A)とし, 後者を基準値(B)とした。基準値(A)を満足できない工学システムは, 如何に社会に有用な機能をもたらしても稼働できないことになる。一方, 基準値(B)は, 他の条件を与えずに多くの人々がその受入れを合意すべき水準である。安全目標の達成においては, 事故発生の防止, 事故の拡大抑制に加えて, 原子力発電所周辺でとられているような避難等の対策によって対象とする被害を目標値以内に抑えることも含まれる。基準値(A)と基準値(B)の間は, リスクを総合的に判断(最適化)して対応を定めることになる。

ここで人命を対象とした安全目標値について具体的に検討してみよう。人命を対象とした目標といっても, 全ての状況を同一基準で考えられるわけではない。まず, 事故が, その工学システムの運用に直接関与しない多くの人々(一般市民)に影響を与えるか, システムの運用に関与する一部の人々(従事者)に限定されるかによって, 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, 設定の仕方は異なる。

不特定の個人に影響を与える工学システムに関しては, 個人の死亡リスクの観点から, 無条件で許容できるもの(基準値(B))は, そのシステムの事故による個人の生涯死亡リスクが 10^{-5} /生涯 $\sim 10^{-6}$ /生涯以下であるものを当面の目標とした。基準値(A)としては, 少なくとも

も 10^{-3} /年 $\sim 10^{-4}$ /年にすることが望ましい。

基準値(B)を検討するにあたり, 1986年に出された米国政府の安全目標政策声明を参考にした。そこには, 「原子力発電所近くの公衆の受ける原子炉事故による個人リスク及び公衆のリスクはいずれも原子力発電所以外の他の事故によるリスクの0.1%を超えないこと」という数値的提案がある。私たちが通常さらされているリスクの0.1%の増加はほぼ無条件に受け入れられるであろうという考えである。この数値基準はIAEA等国際的にも踏襲されて現在でもそれをベースにした議論となっている。

基準値(A)もこの0.1%の基準を考慮して検討したが, この基準レベルを採用している例として, 船舶の安全に関してより合理的なルール制定方法²⁾として定められている乗務員と乗客のALARP(As Low as reasonably Practicable: 合理的に実行可能な限り低くするという原則)領域の上限基準である 10^{-3} /年と 10^{-4} /年がある。

一般的に工学システムのリスクは, ゼロにはならないが, 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となる。特定の工学システムのリスクをゼロとする場合として, 例えば原子力発電所の使用を止めることにより失われる便益が社会的に許容できるものであれば, 社会は使用停止の判断をする場合もあるであろう。再生可能エネルギー等の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本来システムを停止した場合のリスクを比較して判断することとなる。

また, リスクを考える工学システムの単位は, システムによっても異なる。例えば, 化学プラント等の工学システムは, 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た判断が必要である。

原子力発電所のリスクは発電プラント単位となるであろうが, 核反応の制御失敗や発生する熱の制御失敗, そして機器装置の故障等に伴う多量の放射性物質の施設外への放出により施設周辺の一般公衆に「死亡」や「障害」を与え, 「環境」へも大きな影響を与え, それに伴う「経済損失」も大きくなる。原子力の安全目標としては2003年に

原子力安全委員会が案を取りまとめ³⁾, 2013年に原子力規制委員会がその内容を合意している。

社会基盤への影響の大きなリスクとしては, 情報システムの大規模故障等の他に, 交通事故のように1回の事故の影響が限定的でも, その発生頻度が多大なものもある。

経済的に大きな影響をもたらす場合で, 1回の事故の影響が甚大な場合は, リスクはなるべく取りたくないという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である。

環境的影響が大きいリスクでは回復可能な場合と回復不可能な場合(30年以内に回復できない場合)とについて安全目標値を検討した。

物理的被害の規模の大きい場合は, リスクの原因となるハザードの除去が別の大きなリスクを含まない時は, ハザードの除去を目標とすべきである。いかに発生頻度が小であっても予想される被害が甚大となる事故があり得るシステムは操業を認めないという議論もある。

以上, 安全目標に関し種々の側面からの検討を述べた。安全の実現においては, 事業者・専門家は, 最新の知識・技術を用いて, 現状リスクを把握・報告する責務を持つ。市民は, 科学技術のシステム・製品を安全に活用し豊かな社会生活を行うに際して, 科学技術のリスクに関して関心を持ち, その受容の在り方に関して常に考えておくことが重要である。科学技術の多様複雑さに鑑みた場合, 全ての工学システムに対して, 市民の一人ひとりが深く理解することは困難なので, 事業者・専門家・国等は, 市民が判断するための情報をできる限り提供するとともに, 市民から信頼される状況を作る必要がある。

(2015年4月7日記)

— 参考文献 —

- 1) 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)。
- 2) IMO Secretariat: Consolidated text of the Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process (MSC/Circ. 1023-MEPC/Circ.392), MSC83/INF.2(2007)。
- 3) 原子力安全委員会安全目標専門部会, 発電用軽水型原子炉施設の性能目標について—安全目標案に対する性能目標について—(2003年3月28日)。