

# ARTICLE

## 安全・安心とは何だろう

### 安全目標の考え方

元宇都宮大学工学部教授・日本学術会議連携会員 松岡 猛

#### はじめに

私たちは日ごろ安全をどれだけ明確に意識して生活しているでしょうか。新聞、テレビ等で自然災害、事故の報道が頻度高く伝えられてきますが、実感としてどれだけ身近なものと捉えているのでしょうか。道を歩いていてヒヤリとした経験は誰でもあると思いますが、その時はきつと安全な通路はどこかなどと考え、安全を意識したことと思いがそれ以上深くは考えていないのではないのでしょうか。海外へ観光等で出かける場合には一抹の不安を抱いたことと思いますが、ご近所の皆さんも出かけているのでそう心配することもないだろうと思つたことと思います。

今まで大過なく過ごしてきたのでこれ

からも特段の問題は無いであろうと考え

る方が大多数なのではないでしょうか。普通に生活している分には安心していて良いのだと思つていてと思います。行政等により社会システムとして生活環境の安全が確保されているに違いはないと信じているのではないのでしょうか。もしかすると安全でないのに安心してしまつているかもしれません。逆に、ほとんど危険が無いのに安心できず神経質になり過ぎていることはないのでしょうか。

ここでは身の回りの危険の程度を明らかにし、安全とは何か、安心とは何かについて考えていきましょう。また種々のリスク（危険）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しょうか。それらの議論のためには安全目標という考え方が重要になってきますの

でそれについても詳しく述べていきます。



松岡 猛 (まつおか たけし)  
1968年3月 東京工業大学理工学部物理学科卒業、1970年3月東京大学大学院理学系専攻(修士課程)修了、1973年3月同博士課程単位取得退学、運輸省船舶技術研究所にて原子力船舶の安全性研究に従事、1979-1980年米国MIT留学、2000年4月船舶技術研究所部長、海上技術安全研究所所長を経て、2006年4月宇都宮大学工学部教授。日本学術会議第三部会員、消費者庁消費者安全調査委員会委員、内閣府中央交通安全対策会議専門委員、原子力安全委員会専門委員等を歴任。現在、日本学術会議連携会員、システム信頼性工学、安全工学の研究に従事、工学博士、日本工学アカデミー、日本信頼性学会、電子情報通信学会、日本原子力学会、米国原子力学会会員

#### 1. 身の回りの危険

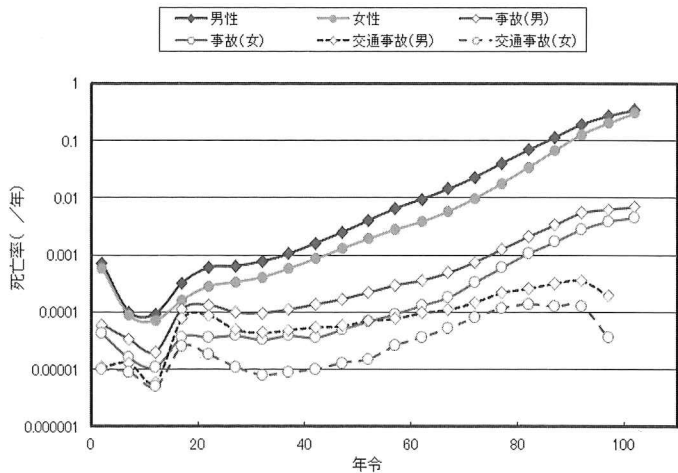
実は、私たちは日々の生活のなかで種々のリスク（危険）に晒されて生活しています。ただ、リスクの程度はかなり低く抑えられており、個々のリスクを怖いと感じる状態には至っていません。

いったいどれだけのリスクがあるのかがはっきりとわかる定量的なデータがありません。厚生労働省が毎年発表している人口動態統計がそれで、原因別の死亡率データがあります。それによると国民平均で全死亡率は $1.1 \times 10^{-5}$ /年と出ています。これは一人の人が一年の間に0.011の確率で何らかの原因で死亡するという意味です。1000人の集団では一年後にその中の約1人が

亡くなってしまふということにもなりません。これは多いと感じますか、少ないと感じますか。

原因別に主要なものを見ていきましょう。一番大きいのが癌で全死亡の約28%、次が心臓疾患で15%、老衰、肺炎がそれぞれ7%で、疾病で全体の約70%を占めています。やはりほとんどが病気で亡くなっていることになりま

図1 年齢階級別（男女別）死亡率



これに対して12歳の女子の不慮の事故の死亡率は約 $1.1 \times 10^{-5}$ /年という極めて低い値を示しています。全体を通して女性の方が男性より死亡率がかなり小さいことがみてとれます。特に不慮の事故、交通事故では17歳頃から老年に至るまで男性の死亡率が女性に比較して大きくなっています。100歳に近くなるに従い交通事故死亡率は低下し、全死亡率は100歳に近づくに従い男女差が無くなりつつあるという様なことがみてとれます。

#### 2. 安全と安心

種々の場面で「安全、安心」と対になって使われる例を多く見かけます。安全であれば安心するという意味合いが濃いのでしょう。安全は、制度や技術により達成される客観的な状態で、安心は安全な状態を認識した結果人々が抱く心の感じ方と考えると納得がいきそうです。

ところが、自然災害や事故は種々の対策を施しても一向に無くなりません。事故の原因には機器の劣化や偶発的な故障、人間の操作ミスが関与し、また、異常気象、千年に一度の大地震等も原因となります。如何に万全の対策を取っても事故の発生をゼロにすることはできないという認識が浸透してきまして、つまり「絶対安全」は存在しないという考えです。以前は、工場立地の際に周辺住民に対して安全は絶対を守ります、事故の発生は皆無です、という説明が行われてきました。住民からすれば絶対安全でなければ工場設置は困るというのは当然なので、この様な説明が必要だったわけです。

絶対安全が存在しないとすると、リスク（危険）が残っている状態で、どこかで安全だと判断する、つまりリス

クを受け入れる必要が出てきます。そこで国際基準・規格では安全の定義として「許容不可能なリスクがないこと」(ISO/IEC Guide 51) [2] としています。許容するのは、当事者である人間です。安全は客観的な状態ではなく、人間の判断に基づく主観的なものということになります。安全か否かの判断は、科学的分析結果を参考に社会状況等も踏まえ主観的に行うこととなりますが、その前提となる望ましい社会像を合意する必要があります。安全を検討する際の要因としては、ここでは自然現象、人的要因、機械的要因、化学的要因、システムの要因等の全ての要因を考慮します。

では、安全だと判断したとき安心になるのでしょうか。安全と判断した当事者は安心しているはずでしょう。立場の異なる利害関係者が関与する場合に全員が安心を得るのは容易ではありません。科学技術の多様な複雑さを鑑みした場合、全ての工学システムに対して、市民の一人ひとりが理解を深くすることの困難さがあります。そのような状況でも市民は、理解すべき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

する必要があります。安全目標設定の組織は、行政の場合も、業界、学会、第三者機関である場合もあります。そして、NPOや市民の集まりである場合もあります。設定された安全目標は、行政、企業から市民までの多様なステークホルダーが活用するものであるため、設定された安全目標が多様な視点により構成されていることを示す必要もあります。安全目標には、その設定した状況を達成しているかを検討することによって社会の安全状況を検証していくためのものと、技術開発等の目安や実現すべき社会の状況を設定して活動をしていくためのものがあります。具体的には以下の役割が考えられます。①行政が社会の安全レベル目標として示す、②行政が企業に対して満足すべき安全に関する要件として示す、③特定の工学システムの安全を検証するための指標、④技術開発目標としての指標、⑤長期的な社会の挑戦目標としての指標、⑥国際的な目標としての位置づけ。

前章までは主に人命損失（死亡率）を念頭においてきましたが、安全を検討する際には、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、環境への影響に加え、情報

必要があります。一方、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、市民からその判断が信頼される状況を作る必要があります。日本学術会議で検討した結果「安心」とは、(安全であり、かつ)安全であることが信じられること。「信じられる」とは、理解できるか、説明内容ないし説明者が信頼できること。」という一応の結論に達しました。[安心]は人間の感情によるものであり、個人的な感覚です。「安心」確保のためには、「人間」に着目し、行動学的、心理学的知見も活用した人間行動の把握と、人間を取り巻く社会環境の把握が必要であるといえます。安全でない状態におかれているにもかかわらず深く考えることなく安心してしまっているのは真の安心ではないと考えています。

安全と判断するための基準・ガイドラインがないと社会的に合意のとれた安全を決めることができません。そこで安全目標の必要性が出てくるわけです。次章では安全目標について説明します。

### 3. 安全目標について

前章までの議論で、私たちは身の回りの経済、物理的被害、社会的混乱、日常生活の不便等の多様な事項を対象とする必要があります。また、如何に安全対策を強化しても発生を0に抑えることは難しいので、事故・災害発生後の対応も安全目標の設定に含まれる必要があります。社会リスクの観点も考慮に入れて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する必要もあります。

工学システムの安全に関して遵守すべき重要な事項は、規制によって定められています。安全目標と規制との関係は、ここで述べておきます。規制の制定は、対象とする工学システムに関して多くの検討がなされた上で定められています。が、工学システムに採用される技術の進展や機能の高度化・複雑化は、規制と安全との関係に変化をもたらしています。社会や企業が新たな工学システムを高度化し、社会の豊かさや企業の発展を目指す限り、社会における必要条件である規制を遵守していることに満足するのではなく、その開発・運用者は、自ら安全目標を設定しその達成を目指すことが望ましいのです。規制により十分に安全であることが認知されているシステムに関しては、規制自体が安全目標と認定される

りに存在するリスクを受け入れて生活して行かなくてはならないことが分かりました。ではどの水準のリスクまでを受け入れたら良いのかを判断しなくてはなりません。そのための基準が安全目標といえます。達成すべき安全の水準のガイドラインと考えて下さい。

これまで我が国の安全は細やかな安全規制と事業者の真摯な努力により積み上げられてきました。しかし、規制の改善は、大きな事故や災害によって行われる後追いとなることも多く、必ずしも規制を満足していれば事故を防ぐことが出来るわけではないことが、広く認識されるようになってきました。新たな社会の安全を構築する仕組みとして、安全目標を設定し社会の安全を不断の努力により確保する仕組みが必要です。安全目標は、安全活動の目安となるものであり、その目標を達成したからといって安全活動が完成するわけではありません。安全目標自体が、技術や社会的要求や価値観によって変化するもので、安全目標の枠組みをどのようにするかということ自体も、その時点で目指す安全について考えることとなります。

安全目標を設定するためには、まず安全目標を議論する枠組みを明確にする必要があります。安全目標を設定する際には、まず安全目標を議論する枠組みを明確にする

場合もあります。多様な工学システムを対象とするため、安全目標のタイプとして4種類に分類分けをして考えることとなります。I. 制度・機器、保安距離等の要求事項を設定する、II. 被害の発生件数や減少数を目標値とする、III. リスク指標を用いる、IV. 複数のリスクから社会・組織の価値を考慮した総合的な指標を使います。

最近社会生活にとり重要な役割を担っている情報システムを特に取り上げて、安全目標設定の際の考慮点を見てみましょう。情報システムはインフラ系を含む多くの工学システム、さらには金融や電子政府などのインフラにも組み込まれていて、これらの制御を司っています。また、ネットワーク化と自動化が進んでいるため、他の工学システムに比べ遠隔攻撃を受けやすく、被害が広範囲に波及しやすい傾向があります。そのため、事故や攻撃により社会活動に甚大な影響をもたらす可能性がります。情報システムをとりまく社会環境の変化は激しく、また攻撃者の能力は時間とともに急激に増大する可能性があります。この影響を受ける情報システムでは、リスク評価を事

前に行うだけでなく、運用中にも継続的にリスク評価を行うとともに、ソフトウェア更新等の対応も必要に応じて行うことが重要となります。

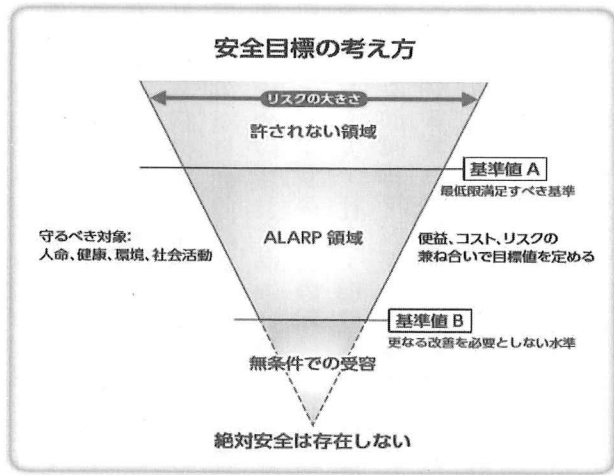
安全に関わるステークホルダのうち、システム利用者や情報システム部署の他に、情報システムを社会や企業などの部分にまで適用するかを判断する政策立案者や経営者の役割も考慮する必要があります。

また、制御系の情報システムへの安全目標と情報自体の漏えい、改竄等のリスクに対する対応目標の双方を設定する必要があります。

安全目標としてリスク値を採用する場合は判断する値を設定する必要があります。日本学術会議における検討の結果、図2に示す様に、達成出来ないことが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)を設定しました。基準値(A)と基準値(B)の間は、ALARP (As Low As Reasonably Practicable) 領域として、便益、コスト、リスク低減により得られるメリットと低減に要するコストとの兼ね合い、さらには他のリスク状況との兼ね合いで目標値を定めるべきとしました。

規制には、工学システムに関するも

図2 安全目標の考え方



の以外にも有害物質規制、大気汚染に係る環境基準、食品添加物の使用基準、農薬残留基準等があります。規制は一般的には基準値(A)と考えられますが、規制値の中には基準値(B)ではないかと思われるものもあります。食品が基準を満たさない場合は全て回収の処置が取られる意味からは基準値(A)に相当していると思われませんが、健康影響から考えると基準値(B)に相当しているのではないかと考えられます。基準値(A)は事業者と社会との合

意事項(規制も含む)で、基準値(B)はその工学システムの社会実装を行う関係者の意思によって定めることが望ましいと考えます。

#### 4. 安全目標値の検討

ここで、諸外国でのいくつかの提案を参照し安全目標の基準値について検討してみよう。

米国政府が1986年に出した安全目標政策声明には「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」という内容があります。既存リスクの0.1%の付加は許容可であるという考えです。なぜ0.1%なのか、1%では大きすぎるのか等の説明はないのですが、ほぼ大多数の人々が0.1%の増加は十分無視し得て受容できると感じる値と思えます。

図1の12歳女子の不慮の事故の死亡率 $1.1 \times 10^{-5}$ /年の0.1%は $1.1 \times 10^{-6}$ /年となり70倍することにより生涯リスクに変換すると $7.7 \times 10^{-7}$ /生涯という値が出てきます。これは安全目標の基準値(B)に相当していると考えられます。

英国安全衛生庁(HSE)は広く受

け入れ可能な労働災害の上限値を $10^{-6}$ /年と設定しています。年間1800時間の労働時間として日常生活の生涯リスクに換算すると約 $8.2 \times 10^{-6}$ /生涯と算出されます。

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ます。これは生涯リスク $10^{-6}$ /生涯となります。

以上で検討した値を考慮すると、更なる改善を必要としない基準値(B)の値としては死亡率 $10^{-6}$ /生涯 $\sim 10^{-5}$ /生涯が妥当なところと考えます。

同じく英国安全衛生庁(HSE)は受け入れ不可能な労働災害の値を $10^{-3}$ /年と設定しています。日常生活の生涯リスクに換算すると約 $8.2 \times 10^{-3}$ /生涯と算出されます。

年間の自然放射線量は世界平均で $2.4 \text{mSv}$ です。国際放射線防護委員会(ICRP)は $10 \text{mSv}$ を全身に被曝した場合のがん発生確率を $4 \times 10^{-4}$ と設定していますので、これは単純計算で $6.7 \times 10^{-3}$ /生涯のリスクとなっています。これに対する改善は現状では不可能で世界中で受容しています。日本人のがん死亡率は $0.28$ /生涯ですので、それに対しては $2.4\%$ のリスク寄与割合とな

っています。

また、一生涯のリスク(1/生涯)の $0.1\%$ は $10^{-6}$ /生涯であるので、許容されない基準値(A)の値としては死亡率 $10^{-3}$ /生涯 $\sim 10^{-2}$ /生涯が妥当でしょう。

#### まとめ

身の回りのリスクから始め、安全と安心について考えを述べました。さらに社会的に合意のとれた安全を決めるために必要な安全目標と、その枠組みを示しました。

安全目標には個人の視点からの安全目標と社会的安全目標があるのではないかとこのことをここで指摘させて頂きました。また、安心は個人的な安心感として捉えましたが、社会としての安心というものがあるのかという問いも出てきます。「安心な社会」という表現も十分意味を持つのではないのでしょうか。

リスクとしては人命だけでなく種々の要因を考慮しなくてはならないことを指摘しましたが、本論では十分に掘り下げることが出来ませんでした。現在日本学術会議ではこの点をさらに検討中です。

複雑高度化した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ことを再度コメントさせていただきました。それとともに、市民も、科学技術の成果を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心をもち、その受容の在り方を常に考える必要があると考えます。

#### 参考文献

- 1) <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/suit03/index.html>
- 2) ISO/IEC Guide 51:2014 Safety aspects — Guidelines for their inclusion in standards
- 3) 日本学術会議総合工学委員会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安全目標の基本と各分野への適用」平成29年9月20日
- 4) 日本学術会議総合工学委員会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安全目標の基本と各分野への適用」平成29年9月20日
- 5) 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
- 6) 10 CFR Part 50, Safety Goals for the Operation of Nuclear Power Plants; Policy Statement; Reproduction, 21st August 1986.
- 7) Health and Safety Executive (UKHSE) (2001) Reducing Risks, Protecting People HSE's Decision-Making Process, HSE Books, ISBN 0 7176 2151 0.