

Safety of Society

リスク共生社会創造センター第1回シンポジウム

工学システムの社会安全目標

平成27年11月30日

日本学会議会員・宇都宮大学 松岡 猛

T.MATSUOKA, Utsunomiya University

- 私達は、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。
- リスクを深く考えることなく受容しているか、不安を感じながらも基準値・規制値に従っているか、……………。
- 種々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。

日本学術会議における安全目標の検討経緯

- 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会設置(第20期 [平成18年～平成21年])
- 「学術の動向」の特集(平成21年 9月号)
- 安全目標のガイドライン検討小委員会(第22期)
- 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)
- 安全目標の検討小委員会(第23期)

小委員会委員の構成

成合 英樹(筑波大学) 野口 和彦(横浜国立大学)
松岡 猛(宇都宮大学) 須田 義大(東京大学生産技術研究所)
永井 正夫(自動車研究所) 向殿 政男(明治大学)
柴山 悦哉(東京大学大学院情報理工学系)
梅崎 重夫(労働安全衛生総合研究所)
田村 兼吉(海上技術安全研究所) 中村 昌允(東京工業大学)
山田 常圭(消防研究センター) 鈴木 真二(東京大学)

- 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検討してきた。
- 工学システムの宿命として、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リスクをゼロ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。
- 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論を進めている。

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・運営する者が、

- 実施すべき施策・活動において、他の状況を参考にしつつ現状の事業・システムの状況を比較し、
- 提案されている安全目標があれば、それとも比較し、
- 乖離や課題を認識し、規制の範囲にとどまらず安全性を追求していく。

そのためのガイドラインとしての役割⇒安全目標

安全目標を提案する理由

- 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増加させてきた。
- 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。
- 安全規制に関する検討も進んできた。
- 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。

安全の対象

- 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
- この多様なリスクの勘案が必要。
- 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。⇒安全目標が決まる。

- 安全目標の対象となる事項
 - ◆ 人命、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
- 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、システムの要因
- 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

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。
- ◆ 目標と比較される各工学システムの安全の指標は、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。

安全レベルを算定する際に必要な視点例

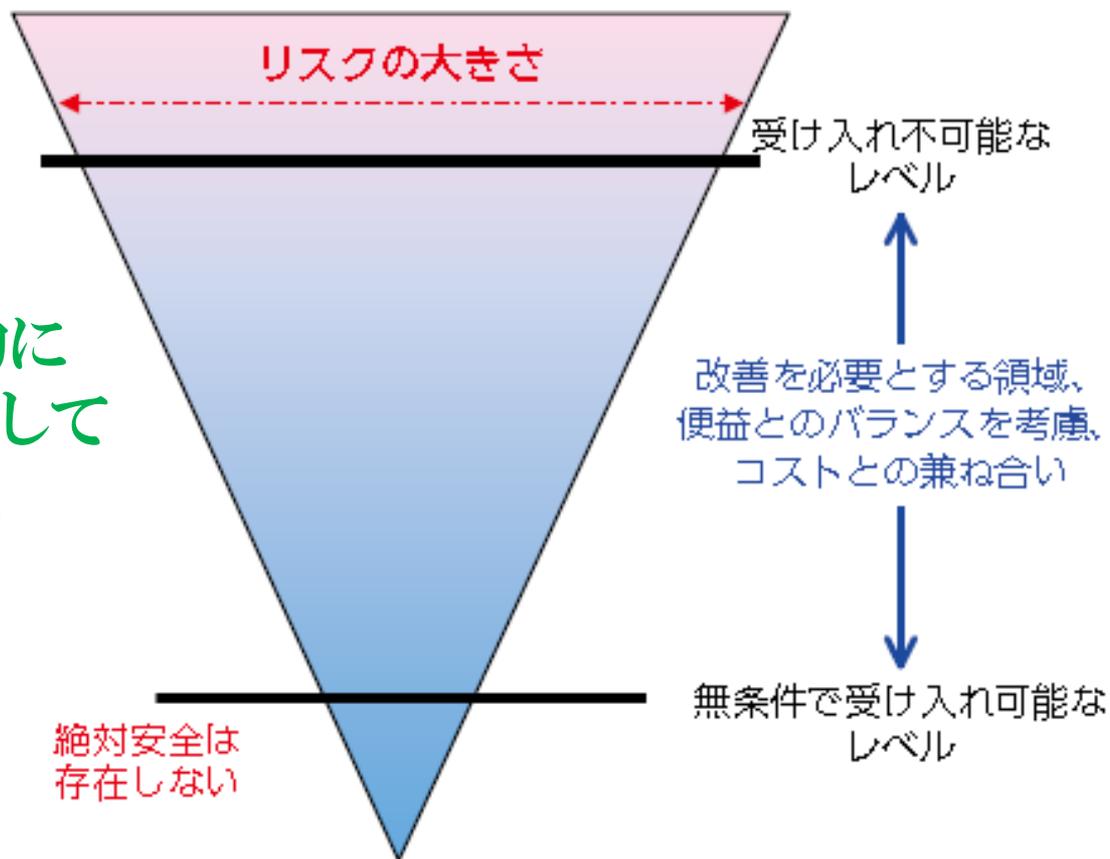
- 経験した災害・事故・トラブルに限定することなく、可能性を洗い出す
- 製造から廃棄までのリスクを総合的に評価する
- 設備・部材・製品の故障・経年劣化を反映する
- ヒューマンファクターを考慮すること
- ソフトウェアリスクを検討する
- 変更管理によるリスクを検討する
- 不確定性の高いパラメータは、その設定の考え方について明らかにする
- 最新の知識や環境の変化を反映する
- 自然災害等との複合事故も想定する
- 非定常作業時のリスク評価も行う
- 事故拡大防止対策の失敗確率を考慮する
- 影響の大きさに関しては、人身への影響、物理的被害の影響のほか、環境（生態系、動物）・社会・地域・生活・組織等への影響も評価する
- 使用する情報の公開性・検証性を確保する
- リスク論的目標設定を行うのは、対象システム等の現状リスクが検証できる範囲に限るものとする
- **分析したリスクの意味**

日本学術会議分科会で検討した工学システム

検討対象工学システム	主な安全検討の対象
原子力システム	環境影響 人的影響 エネルギーへの影響
(化学)プラントシステム	地域環境、人的影響 経済的影響
情報システム	社会的影響 産業的影響 企業被害 個人情報
交通システム(輸送体ORシステム)	利用者の安全 社会的影響 経済的影響
物流システム	環境影響 経済的影響
製品・製造物	人的影響 環境影響
産業機械	人的影響 機能喪失・誤作動
土木・建築物	人的影響 社会安全

各分野で検討した安全目標の考え方を検証して安全目標を再構築

二種類の基準値



基準値 A

基準値 B

リスクを総合的に
判断(最適化)して
対応を定める。

基準値 A、B の提案

個人の死亡リスクで表現すると、

- A: 10^{-3} / 年 ~ 10^{-4} / 年
- B: 10^{-5} / 生涯 ~ 10^{-6} / 生涯

1986 年の米国政府の安全目標政策声明

- 「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」
- **基準値** の決定の根拠となり得るか？

基準値B:無条件で受け入れ可能なリスクは？

- 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。⇒ 10^{-6} /生涯
- HSEはbroadly acceptable 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1800時間の労働時間とすると⇒ $\sim 1.4 \times 10^{-5}$ /生涯
- 日常生活におけるリスクの0.1%の増加は許容可能であるとの前提(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⇒ 5×10^{-6} /生涯
- 無条件での許容可能な生涯リスク:
 10^{-5} /生涯 \sim 10^{-6} /生涯を提案する。

受け入れ不可能なリスク

- 受け入れ不可能なリスクとして、HSEは 10^{-3} /年を労働災害において設定している。
 - ～ 一般人 10^{-2} /生涯 に相当。
- 1 /生涯のリスクの0.1%(先の仮説)は 10^{-3} /生涯
 - ～ 基準値A= 10^{-3} /生涯 の案も考えられる。
- 基準値A:許容不可能な生涯リスク
 - 10^{-2} /生涯 ~ 10^{-3} /生涯 の案がある。

人命を対象とした目標も、全てを同一基準 で考えられるわけではない

- 多くの人に影響を与えるものか。
- 不特定な個人に関するものか。
- 1回の事故が影響を与える人数。
- 便益を受ける人とリスクを被る人が異なる場合。

基準値A、Bの考え方

- 原子力プラントの安全目標 ⇔ 基準値B
- 規制委員会の安全審査に合格 ⇔ 基準値A
(「再稼働の審査」ではなく「設置許可の審査」)
- 避難基準の放射線被ばく線量 20mSv/年 ⇔ 基準値A
- 除染の目標値 1mSv/年 ⇔ 基準値B?
(がんの発生率 = 5.5×10^{-5} / 年)
- 食品、環境基準・・・基準値A、Bの取り違いがあるのでは？

避けることの可能なハザード

- 有害物質等で、疫学的に人体へ影響が表れない最少暴露量(閾値)が存在する場合には、リスクを0/生涯とすることも可能である。この様な考えを工学システムに適用してみると、もし、ある工学システムを、使用停止す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であろう。
- 種々のリスクを合計すると限りなくリスクが大きくなってしまったため、個々のリスクは可能な限り低く抑える必要があるとの考えから0/生涯を目標とすべきであると考えられる立場もある。
- 「避けることができる」とは、ここでは技術的、経済的にリスクをゼロにすることが可能であると同時に、代替システムのリスクもゼロであることを意味する。

工学システムのリスクは、ゼロにはならない

- 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達成は可能か？
- 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の考慮する必要がある。

各種の問題となるかもしれないリスク

- CTスキャン5回 1.3×10^{-1} /生涯
- 喫煙 (-6.1年)
- 自然放射能 9.2×10^{-3} /生涯 (-1.0年)
- 交通事故 5.5×10^{-3} /生涯 (-0.6年)
- ひじき、玄米 1.7×10^{-3} /生涯
- アクリルアミド 1.6×10^{-3} /生涯
- ふぐ ?
- 餅 2.8×10^{-4} /生涯

(餅等は食文化の存在から現状追認で受容せざるを得ない?)

影響

基準値 $B=10^{-5}/生涯\sim 10^{-6}/生涯$

交通事故
 $5.5 \times 10^{-3}/生涯$

自然放射線
 $9 \times 10^{-3}/生涯$

$1.3 \times 10^{-1}/生涯$

$4 \times 10^{-3}/生涯$

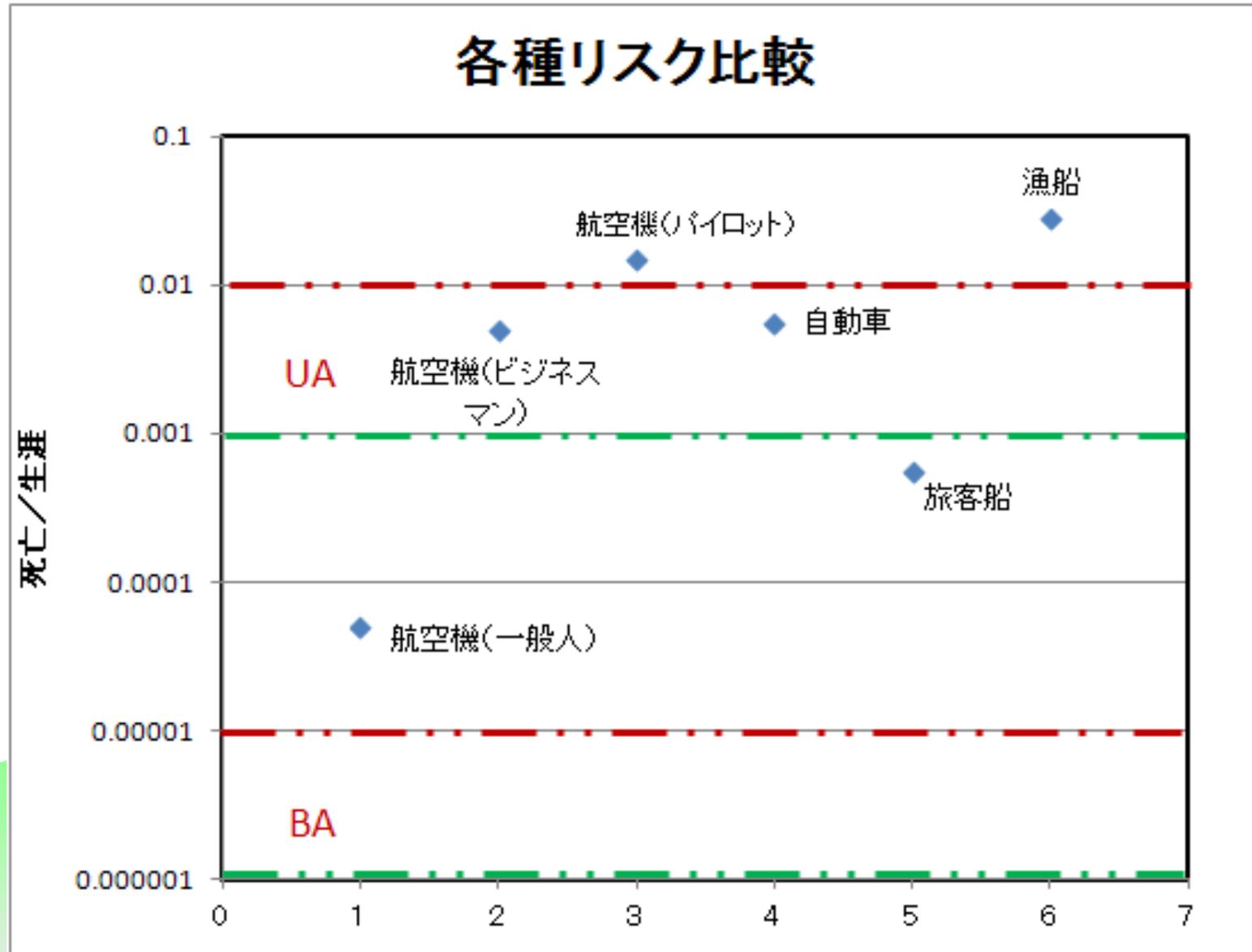
安全のレベル?

1mSv

100mSv

線量

CTスキャン5回

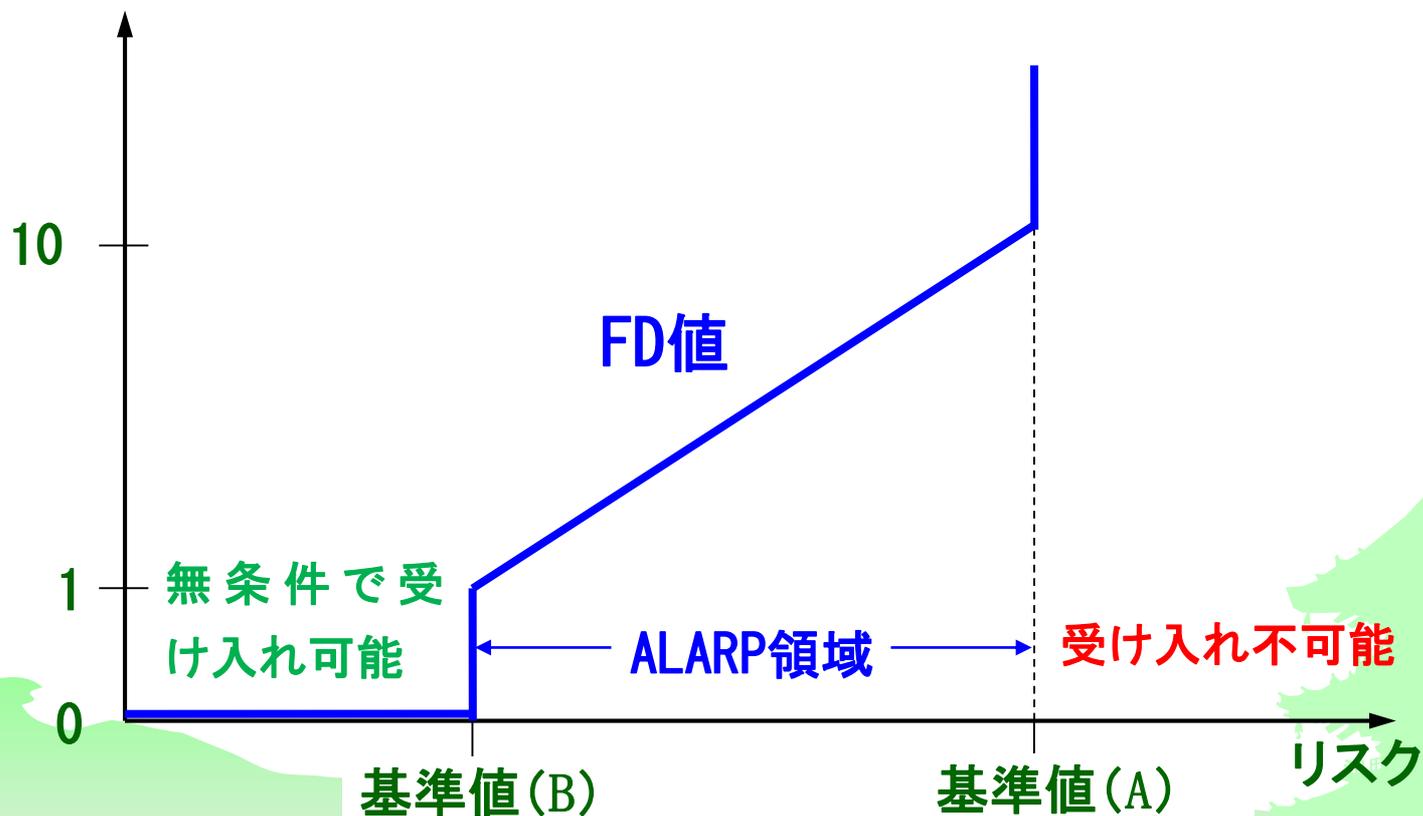


便益との兼ね合いでの検討も必要

- 社会的公平性を前提として、便益、使用しない場合のリスク、使用する場合のリスクとの兼ね合いで考える。
- その場合対象とする物質・技術を使用しない場合に生ずるリスクも考慮する。

かけるべきコストの考え方 (HSE)

FD=コスト/リスク減少



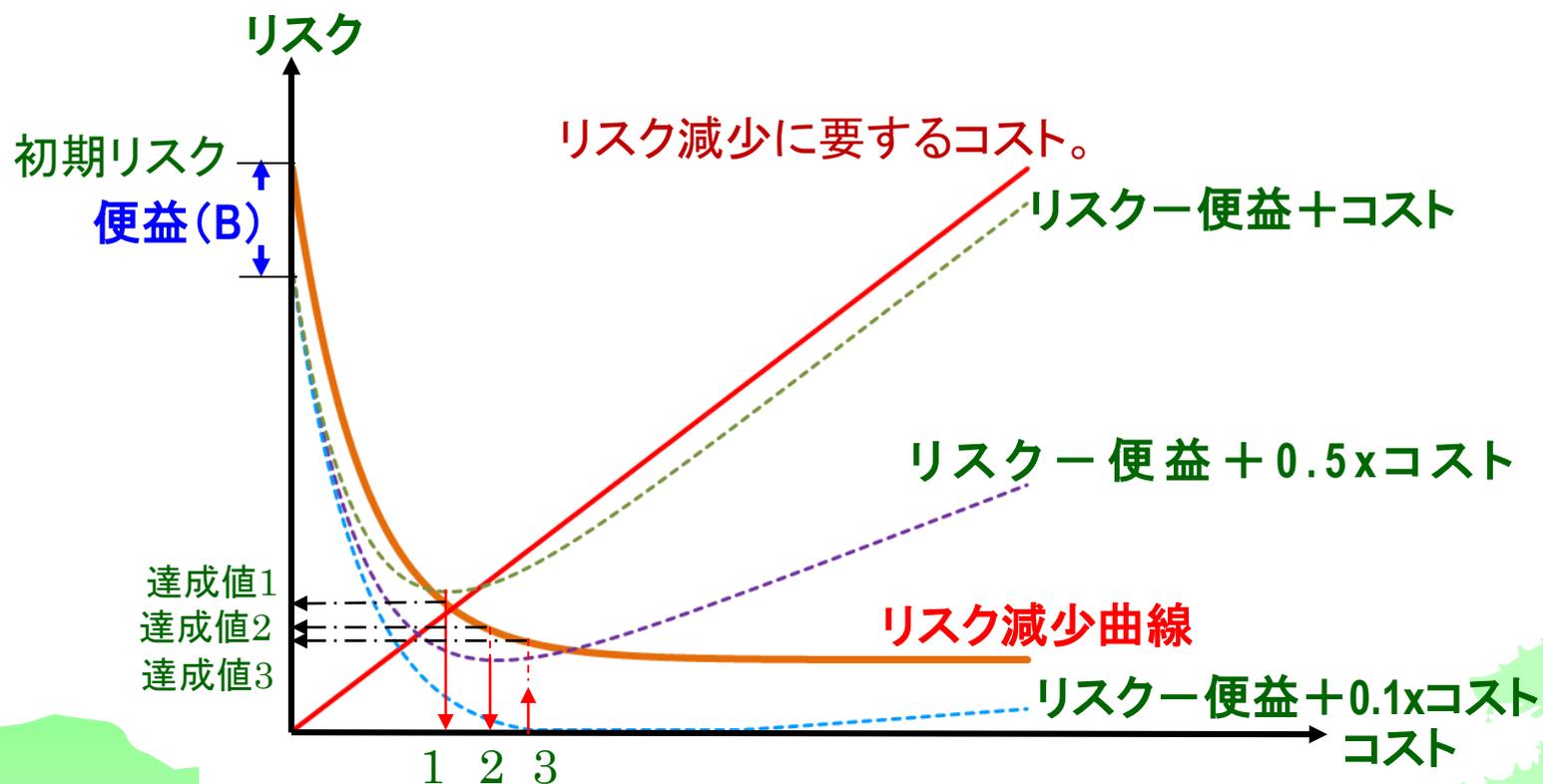
リスク、コスト、便益を考慮した考え方

コスト増加量 (ΔC)、便益増加量 (ΔB)、リスク減少量 (ΔR) から算出される評価値

- $GCAF = \Delta C / \Delta R$
- $NCAF = (\Delta C - \Delta B) / \Delta R$

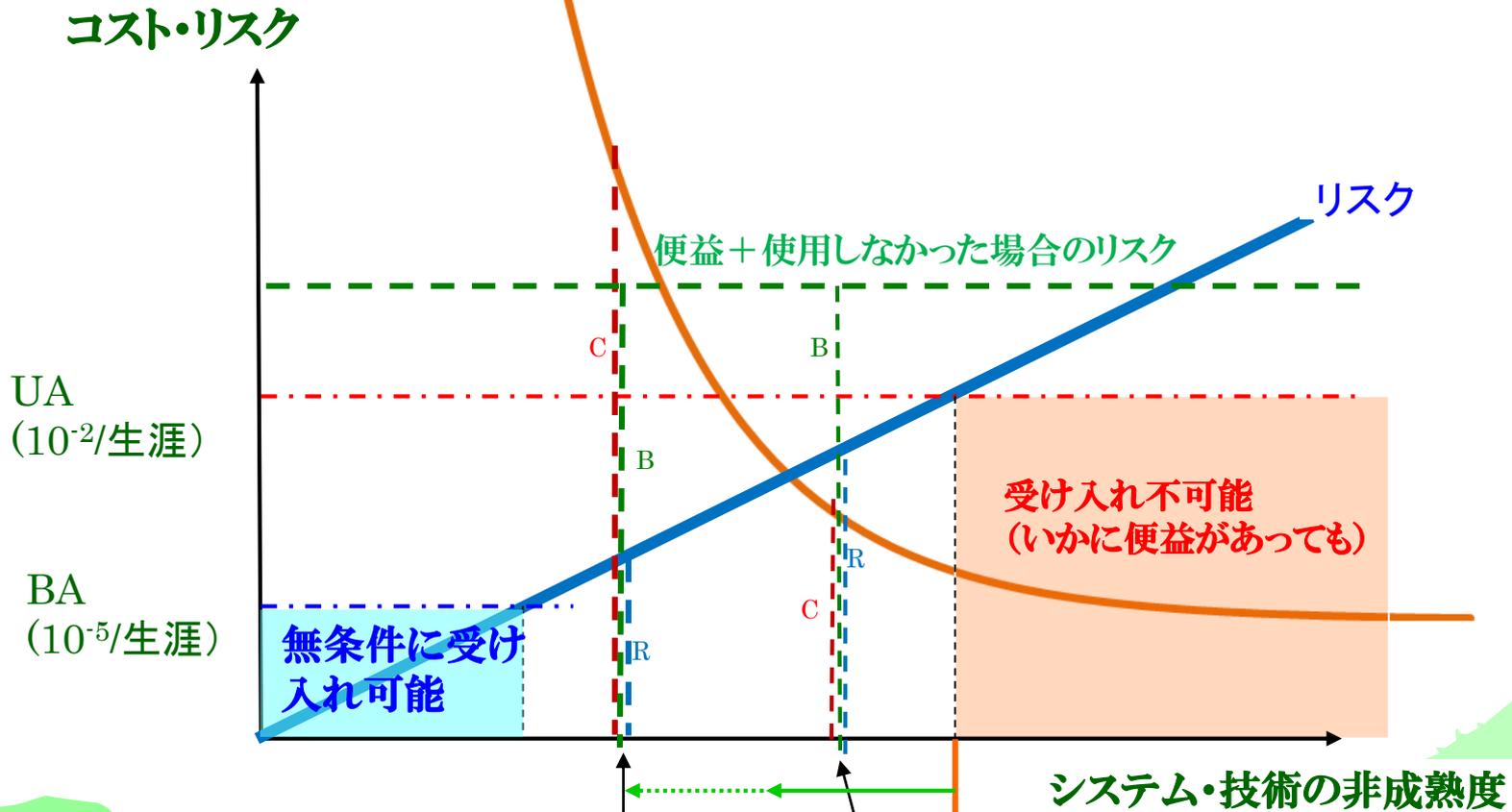
これに基づいて安全対策実施するか否かの判断を行うことになる。

便益を考慮した場合の目標達成値



Safety of Society

特定の安全度を達成するために要するコスト。



$(C-B)/R > 1$ 以上までコストをかける必要がない。
BAが達成されなくても良い。

$B/(R+C)$ が1.0より大の場合は受け入れ可能。
 $B=R$ で受け入れ可(末期患者に対する医療)

人身被害の金額換算

① HSEの提案。

- ◆ 一人の死亡=1,336,800ポンド(=2億2700万円)
- ◆ 回復不能な傷害=207,200ポンド(=3522万円)
- ◆ 重度傷害=20,500ポンド(=348万円)
- ◆ 軽度傷害=300ポンド(=5万1000円)

② 船舶分野

- ◆ 一人の死亡=3,000,000ドル(=3億円)

傷害発生に対する基準値(A)及び(B)

HSEの提案を基に考える。

- ◆ 回復不能な傷害と死亡の価値の比が0.155:1
⇒回復不能な傷害6.5倍発生しても良いと考えると。

- 回復不能な傷害に対する基準値(A)～(B)
= $6.5 \times 10^{-3} \sim 6.5 \times 10^{-6}$ / 生涯

重度傷害、軽度障害発生に対する基準値(A)及び(B)

◆ 重度傷害

➤ 基準値(A)～(B) = $6.7 \times 10^{-2} \sim 6.7 \times 10^{-5}$ / 生涯

◆ 軽度傷害

➤ 基準値(A)～(B) = $4.5 \sim 4.5 \times 10^{-3}$ / 生涯

経済的損失についての基準値(A)及び(B)の試算

1死亡／生涯＝3億円の提案を基に考える。

- 基準値(A) = 10^{-3} 死亡／生涯 ⇒ 30万円
- 基準値(B) = 10^{-6} 死亡／生涯 ⇒ 300円

◆ 回復可能な場合は不可能な場合の100倍のリスクを受容する。

- 基準値(A) ⇒ 3000万円
- 基準値(B) ⇒ 3万円

社会的損失についての基準値(A)及び(B) の試算

F-N線図では(損失人命数×発生頻度)の値が等しい時を同一リスクと捉える。

➤ 社会全体としての経済損失・環境汚染を考える際に用いてみる。

➤ 500億円(1回の事故)×FUA

=3億円(1人の人命)× 10^{-3} /生涯(基準値A)

➤ FUA(受容可能発生確率限界値) = 6×10^{-6} / 生涯

➤ 被害総額20兆円 ⇔ FUA = 1.5×10^{-10} / 年

社会基盤への影響の大きなリスク

- 原子力発電所・・・施設周辺の一般公衆、環境、経済へ大きな影響がある。
- 情報システムの大規模故障。
- 交通事故の様に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。
- 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の発生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。

工学システムに関する安全に関する役割分担①

○ 安全目標の二つの課題

□ 安全目標に対する信頼 構築方法への信頼も必要

□ 安全目標の使い方に関する納得が重要

✦ 安全レベル達成の分担の問題(発注者・設計者～使用者)

✦ 分野横断の安全の考え方ができるか？

○ 対象システムの稼働・不稼働の決定は、社会的にその責任をとることができる主体が行う

○ 企業が主体となって判断を行う工学システム

□ 国等は社会安全の視点から望ましいレベルをガイドラインとして示し、そのガイドラインを参考にして企業が判断することが望ましい

○ 国が主体となるような社会的に大きな影響を持つ対象

□ 行政は、対象とする工学システムの受容について、多様な視点からそのリスクを明らかにして、稼働・不稼働の根拠を明示する

工学システムに関する安全に関する役割分担②

- 国(政治・行政)等は、先見性を持って国際的な動向と国民の価値観に配慮してガイドラインを作成し、稼動・不稼動を決定
- 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・製品を安全活用し豊かな社会生活を行うに際して、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
- 科学技術の多様さ複雑さを鑑みた場合、全ての工学システムに対して、市民の一人ひとりが理解を深くすることの困難さがある
- したがって、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る

まとめ

- 工学システムのリスクと安全目標の考え方に関し学術会議で検討中の内容をもとに述べた。
- 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。**