

エネルギー問題を考える会 工学システムの安全の考え方と安全目標について

2025年4月7日

NPO法人リスク共生社会推進センター 理事長
横浜国立大学 IMS
次世代工学システムの安全科学研究ユニット
客員教授
野口 和彦

0

本資料の構造

- 安全目標についての考え方は、以下の資料を基に筆者が編集を行っている
 - 提言 工学システムの社会安全目標の新体系 2020
 - 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 2017
 - 報告 工学システムに対する社会の安全目標 2014
 - 上記のレポートの発行元
日本学術会議 総合工学委員会・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
- その他、カーボンニュートラルへの影響等は、筆者の個人的な意見である

1

1

工学システムにおける安全の考え方と安全目標

- 工学システムの安全とは？
- 一般的な安全の考え方
 - 危害が無いこと…**無いことの意味は？**
 - 過去の実績は、過去安全であったことは判断できるが、今後安全であることにも言及できるか？
- 学術会議の安全目標における安全の定義：
 - 「**許容できないリスクがないこと**」(ISO/IEC Guide 51の定義)
- 安全目標の考え方
 - 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**して決定する
- 安全目標で対象とする安全の範囲
 - 生命、心身の健康、財産、環境、情報、経済、物理的被害、社会的混乱、等

2

2

エネルギーシステムの広義の安全の概念

- エネルギーシステムがもたらす物理的・化学的人体への影響や物損に加えて、**エネルギーの安定供給が出来ないことも安全問題**
 - インフラは、機能が継続できないことが社会安全に大きな影響をもたらす ➡ システムの不稼働によるリスク
 - エネルギー価格の高騰も、経済の混乱を招く
 - CO₂を排出することも社会の安全問題
 - 多様な安全問題がぶつかるエネルギーの安全問題
- ↓
- 安全問題への対応も多様
 - **全てのエネルギーシステムは、リスクを持つことを前提にそのあり方を検討する必要がある**

3

3

学会提言の工学システム社会安全目標について

■ 安全目標の必要性

- 安全の判断が共有できていない事の問題(分野、技術者と市民)
- 再発防止という手法では取り返しの付かない事故の出現

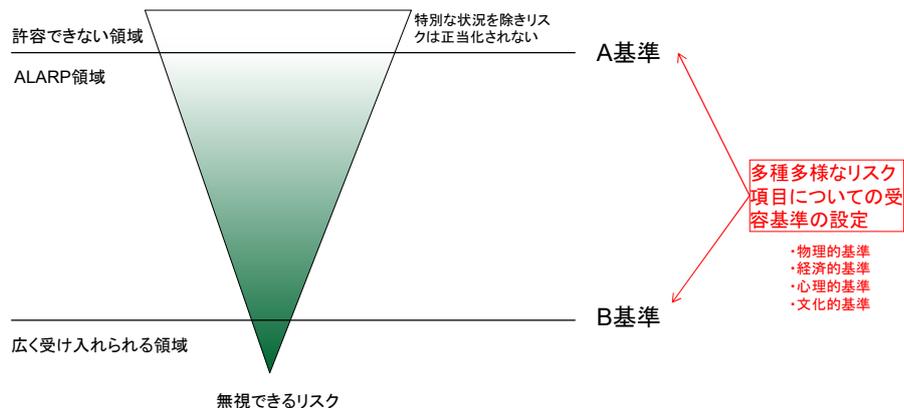
■ 学会提言の安全目標提言の特徴

- 全工学システムの安全目標の構築や活用の仕方ととりまとめたもの
 - 個別のシステムの具体的な安全目標は、本提言を参考にして、各領域で作成する
- 安全の定義の共有
- 安全目標構築の手順と要求事項を作成
- 工学システムの特徴に応じて、安全目標の形体を提言
- 本提言は、過去2回の報告の検討結果も踏まえ、作成
- 参考資料に具体的例を掲載

4

4

ALARPで表される安全目標の基本概念



5

5

学術会議の安全目標に関する提言骨子①

- 本提言は、工学システムの安全目標を設定し社会の安全を確保するという社会の安全を構築するための新たな仕組みを提示して、その実現を目指すものである。国は、提言1～5を実現する活動を推進すべきである
- 提言1 行政・事業者は、活力があり豊かな社会を構築するために、社会安全の明確な目標を定めてその達成を目指す仕組みを構築すべきである
 - 技術変化の激しい工学システムにおいて、常に規制により安全を担保するという仕組みには限界がある。
 - 社会に大きな影響をもたらす事故の可能性に対する安全の考え方は広く社会で共有し、その推進を図るべきである

6

6

学術会議の安全目標に関する提言骨子②

- 提言2 学協会、事業者は、その業界・専門分野を超えて、経験した事故・災害の再発防止に加えて、経験していない事象に対してもリスク概念を用いて安全の向上を目指すべきである
 - 学協会、事業者は、その業界・専門分野を超えて、社会の安全に影響を及ぼすリスクに関する分析・活用研究を行い、リスクの定量評価の精度の追求だけでなく、広くその活用の仕組みを構築すべきである。
 - リスク概念を用いた安全目標の仕組みでは、達成できないことが許容されない基準値と更なる改善を必要としない基準値を設定して、安全目標を設定する方法を推奨する。

7

7

学術会議の安全目標に関する提言骨子③

- 提言3 行政、事業者、市民は、それぞれが納得できる社会安全の仕組みを構築すべきである
 - 社会安全をどのように考え対応をするのかということは、社会を構築する多くの視点によって議論し判断をしていかななくてはならない。
 - これまでのように、行政が定めた規制を市民が追認するという状況では無く、社会から広く支持される安全構築の仕組みを考えていく必要がある。このためには、行政・事業者・市民のそれぞれが他の視点も理解し、その意見を反映し、社会として実行できる合理的な対応を検討する仕組みを構築すべきである。

8

8

学術会議の安全目標に関する提言骨子④

- 提言4 事業者や学協会は、工学システムの特徴に応じて安全目標を構築し、行政はその運用を行う仕組みを構築すべきである
 - 社会安全を達成するための安全目標は、対象とする工学システムが多様であり、その社会における実績や技術の変化の状況等も大きく異なるので、安全目標は、その工学システムの特徴と社会からの要求を勘案して、本提言に記した基本的考え方を踏まえつつ、実効性のある安全目標の設定とその実現を目指す活動を行うべきである。
 - 規制に加えてリスク分析の結果を併せてわせて安全の仕組みを構築しようとしている分野もあれば、長い実績があるシステムにおいては規制遵守を安全の必要十分条件としているものもある。また、変化の激しい情報システムの分野や新たな実装分野を抱えるロボット分野においては、その規制要件から議論が始まっているものもある。

9

9

学術会議の安全目標に関する提言骨子⑤

- 提言5 行政、学協会、事業者は、安全目標を社会の状況変化に応じて改定するべきである。市民は、社会状況の変化と共に安全目標自体が変化することを理解することが望ましい
 - 社会安全の在り方は、社会の要求に応えるものでなくてはならず、社会状況や技術開発の状況に応じて変化するものである。安全目標を活用して、社会安全の構築を目指すには、安全目標が常に社会からの要求を満足しているようにするべきである。
 - 安全の構築には、技術、資金、人財等のリソースのあり方は大きな影響を及ぼすために、社会で大事な安全という価値も、社会の他の価値との共存の中で考えていくものであり、高度化された社会では安全を工学システムの技術要件だけで考えて行くわけにはいかなくなってきている。安全な社会を構築する仕組みは、社会理念として高い状況を目指すという目標を掲げれば良いわけでは無く、その目標を実現できるための実効性が重要である。

10

10

安全目標の活用について①

- 行政が社会自体の目標として我が国が目指す安全レベルを示す
 - 国内外に対して、国として目指す安全の考え方を示す指標を安全目標として示す。社会の構成要員である行政、事業者、市民等が安全を検討し活動するために、その目標レベルを示す手段として活用する。
 - 市民が議論する際の、共通指標として活用する。
- 行政が事業者に対して満足すべき安全に関する要件として示す
 - 行政が事業者に対する安全のガイドラインとして活用する
 - 安全に対して必要な事項を仕様規定として具体的に法規で示す方法から、規格等を用いた規制への転換手段としての活用でもある。

11

11

安全目標の活用について②

- 特定の工学システムの**安全を検証するための指標**として示す
 - 社会安全に重要な影響をもたらす可能性のある特定の工学システムに対して安全か否かを社会の視点から定めた指標として設定する。規制が示す指標と同一の場合もあるし、規制を守るべき最低基準と考えて規制よりも高いレベルを要求する場合もある。
- **技術開発目標としての指標**として示す
 - 指標は、技術開発の目標として設定する安全レベルである。関係する技術者が工学システムの目標としての安全レベルを共有し、工学システム全体の開発計画やそれぞれの分野で開発すべき技術を検討するため設定する。

12

12

安全目標の活用について③

- **長期的な社会の挑戦目標**としての指標として示す
 - 社会の長期目標としての安全レベルを示すために活用する。今後の制度検討や、開発投資の目安にも活用できる。
- **国際的な目標としての位置づけ**として示す
 - 国際基準との調和を考慮した国際的な安全の目標設定として活用する。

13

13

安全目標と規制の関係① 規制

- 順守義務を持つ規制: **第三者において客観的に判断される必要がある**
 - 仕様規定か、計測できる指標での対応
- 仕様規定の課題
 - **可能性が非常に小さなトラブルまで防ごうとすると膨大な投資が必要**
 - ある問題に対する安全対応が別の事故の要因になったりする
- 事故の発生件数等の課題
 - 安全対応の成果を客観的に評価できるが、工学システムにおける1回の事故で大きな影響をもたらすような事故への対応としては不十分

14

14

安全目標と規制の関係② 安全目標

- 業界、組織等が自らの努力目標としての安全目標
 - 達成度に対する**第三者による判断には差異が生じる場合も許容**
 - 達成度に関して情報の提示は求められる
 - 先端工学システムの未知性は、工学システムを持つ先進性から来る特徴
- 
- 安全目標に規制と同様の**客観性を強く求めると、その未知性への対応が却って阻害される可能性が出てくる**

15

15

安全目標と規制の関係③ 稀な事故をふせぐ

- 多様な状況を分析の対象とすることが必要
 - 安全に関するリスク評価は、分析結果に加えその**分析の前提やモデルを情報として付加**する
- 
- 不確かさを含む分析を**判断に有効に活用**することができる
 - 工学システムの安全目標の仕組みの適用
 - 業界、工学システムの種類で同一なわけではなく、その性格上安全の判断基準の適用を変えることが必要

16

16

安全目標の実用化 安全基準の適用①

- 評価すべき**リスクを特定**
 - システムの提供者の視点だけではなく**影響を受ける社会の視点**により行う
- 安全の判断におけるリスク分析の活用
 - リスクマネジメントは、**マネジメントの判断を支援するもの**と位置づける
 - リスク論としての**評価結果をどのようにして最終的判断に活用**するかということも検討
 - リスク分析の情報(考慮した原因事象、進展シナリオの仮定等)を付加

17

17

安全目標の実用化 安全基準の適用②

- 安全と社会要求事項との関係
 - 開発イノベーションと安全の考え方を整理
 - ベネフィットを求める場合、安全に関するリスクをあるレベルで許容する必要がある
 - リスクの影響: 好ましくない影響だけでなく好ましい影響の不確かさも含めて検討する
 - 工学システムの多様な影響を同時に検討
 - リスク論と確定論的仕様規定とを如何に併用を行うことも検討する必要がある
 - さらに、リスク論と確率論の差異に注意

18

18

工学システムのカテゴリーの検討課題例 プラント系

- 工学システムの特徴
 - 一度の事故で一般市民の生命健康や環境に大きな影響をもたらす可能性のあるカテゴリー
- 考慮すべき安全目標の検討の視点
 - 安全目標の対象とする重大事故の明示
 - 巨大大事故に対する考え方を社会と共有
 - 対象とする事象を明示し評価するリスクの内容を明確化
 - 安全目標指標として市民の死傷を対象とした事例
 - 対象を事業者とした場合: 自治体の避難活動の成果を期待せずに、大規模な事故の発生確率や影響を制限する目標を設定
 - 対象を自治体や市民にまで広げた場合: 人的リスクを目標とすることになる。

19

19

確定論とリスク論の位置づけ 確率論、確定論との関係

■ リスク論の取扱い

- リスク論、確率論、信頼性の概念整理ができていない現状
- リスクの定量評価の精度に拘るのは、確率論の視点
- リスク論では、何がリスクを考えることが重要
- 各分野によって異なるリスクの概念
 - 異なる不確かさの箇所と定量値の考え方
 - 事故0の意味 基準値 $B=0$?

■ 安全目標における確定論とリスク論の関係

- 双方とも不確かさを考慮しているが、その表し方に差異
- システム構造や対策プロセスに着目する確定論
- 結果に重きを置くリスク論(事故原因によって受容判断が異なる場合も)
- 相互に補完しあうものとして、安全目標の構築を

20

20

安全の検討対象を定めるための要点

■ 安全検討の対象を決定する為の**仕組みの構築**

- 安全検討の対象は、対象とする工学システムやステークホルダの視点によっても異なる
- 安全検討の対象は、**行政や対象工学システムの専門家**の視点に加えて**ステークホルダの視点**も合わせ検討する仕組みの構築も必要

■ 安全検討の対象の共有化

- 検討する事故やリスクの整理に関しては、**影響の内容・規模**、またはその**事象を発生させる原因等**の安全に関する要素を検討する必要がある
- **定量評価が難しい、対策が明らかで無い等**の理由で、検討の対象から除外してはならない

21

21

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

22

22

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

23

23

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

24

24

安全目標とカーボンニュートラル

- 安全目標における社会・経済への影響としてのカーボンニュートラル対応
- 脱炭素エネルギーの推進にも様々な課題の存在
- 広がる安全の視点
 - 特定の安全対応が他の安全対応に影響を及ぼす
- 過去の事故に対応してきた安全対応から、将来の可能性への対応を推進させる安全目標の仕組みの必要性
 - エネルギー問題も安全問題も、新たな時代に即したフレームの構築が必要な状況

25

25