

2012-8-15 原子力の自主的安全性向上に関するWG

工学システムの安全設計思想 について

向殿政男

明治大学 名誉教授

安全の常識

- 機械設備は劣化等でいつかは壊れるものである
- 人間はいつかは間違えるものである(時には、認知症の人、意識を失う人、悪意の人もある)
- 組織やルールに完全なものはありません
- 絶対安全は存在しない(リスクゼロはありません) → **「安全神話」などありません！**

安全とは何か？

～リスクベースドでしか考えられない～

安全の定義

～機械安全での例～

- 「受け入れ不可能な**リスク**が存在しないこと」
- 「受け入れることの出来ない**リスク**からの解放」(ISO/IECガイド51)
- 「人への**危害**又は資(機)材の損傷の危険性が、**許容可能**な水準に抑えられている状態」
(JIS Z 8115 デイペンダビリティ(信頼性)用語)

危害 (Harm) の定義

- 人体の受ける物理的傷害 若しくは 健康障害
- 財産若しくは環境の受ける害
- 情報, 組織, 企業、社会、心(ストレス、迷惑等も含む)・・・等の受ける害
-

→死だけではない

リスク (Risk) の定義

- リスクとは？

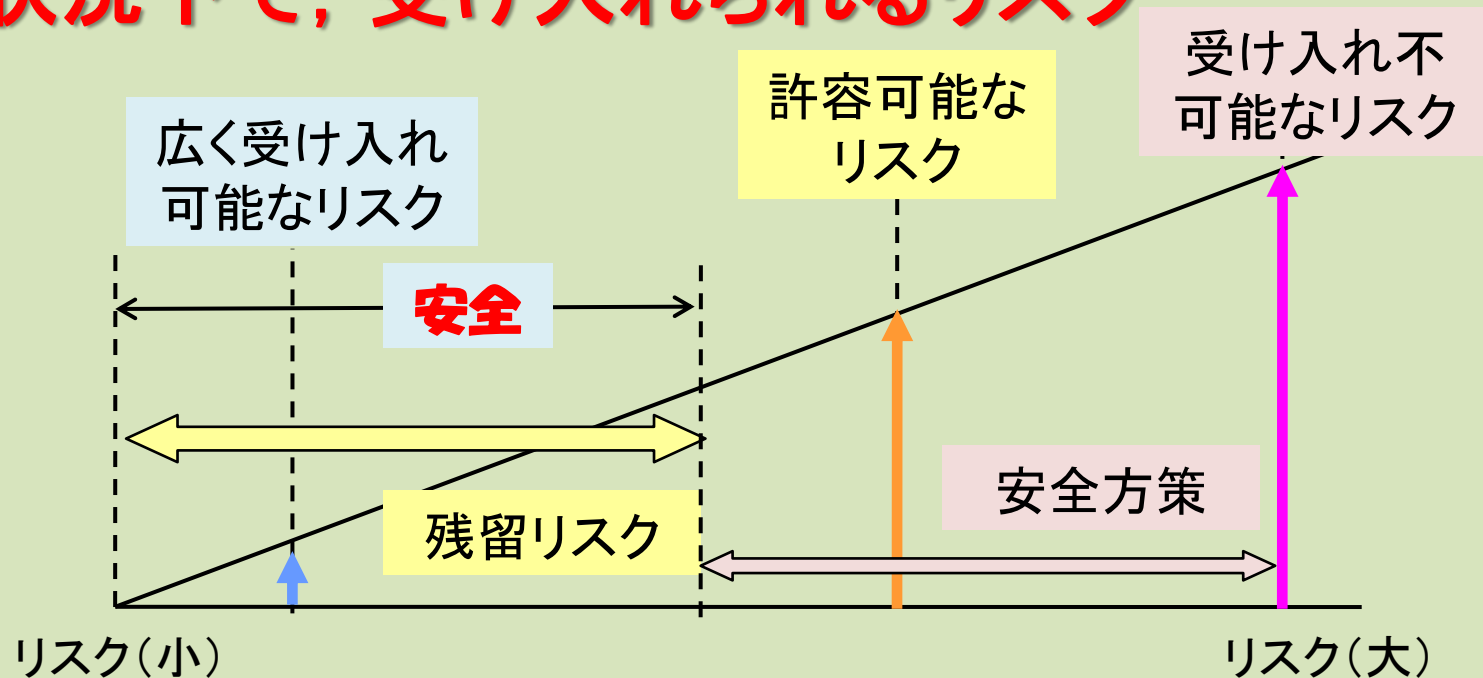
危害の発生する**確率**及び
危害の**ひどさ**の
組み合わせ (→**積はその一つの例**)

- 安全性確保の手法

- **確率を下げる**・・・信頼性を確保することで安全を確保する: 信頼性技術
- **ひどさを下げる**・・・構造で安全を守る: 安全性技術

許容可能なリスク (Tolerable Risk) の定義

- その時代の社会の価値観に基づく所与の状況下で、受け入れられるリスク



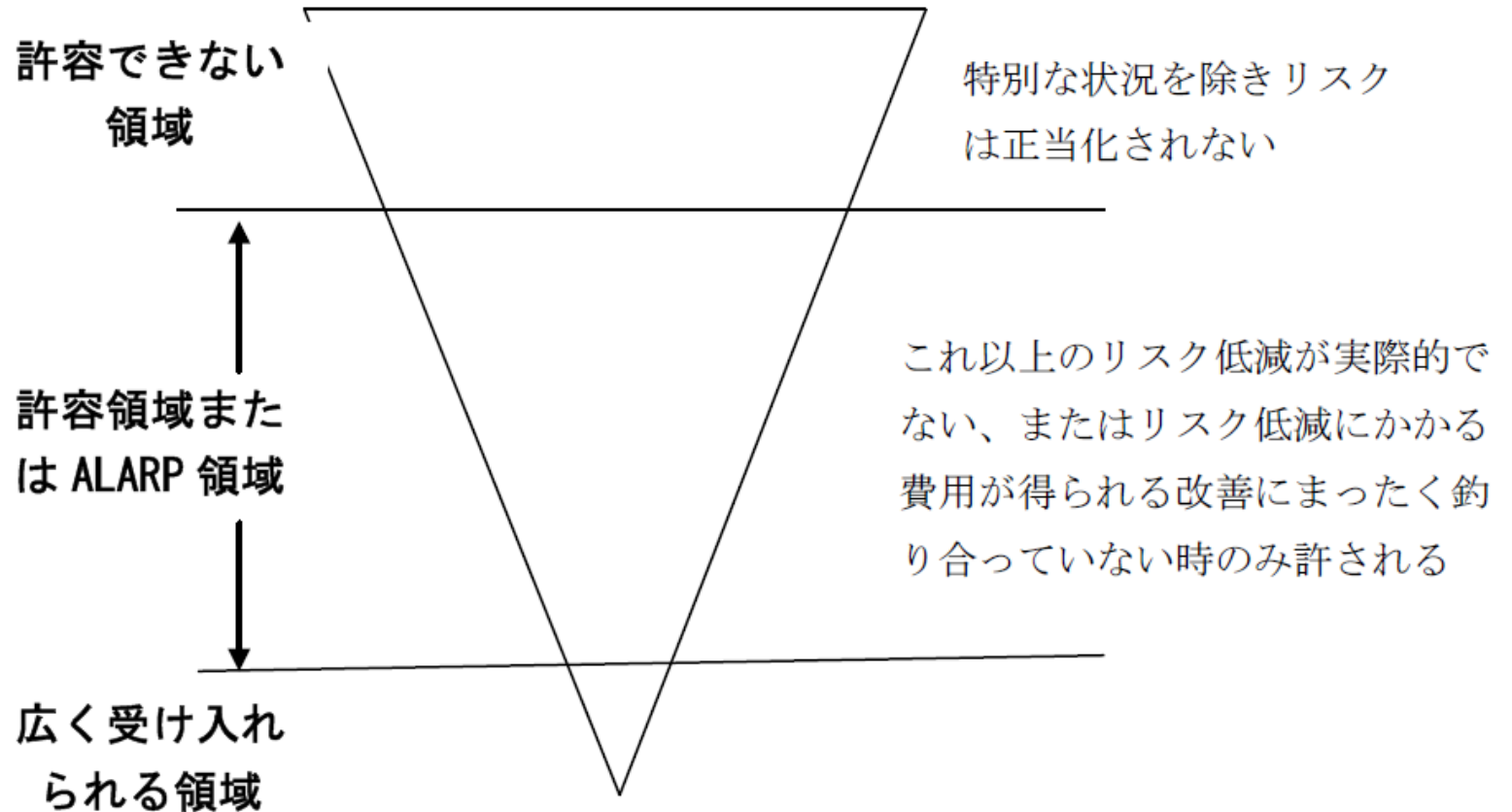
- 安全と言っても、**残留リスク**は、存在している！

どこまでやったら安全か ～安全目標～

安全目標とは

- 目指すべき安全水準の目標(努力目標)
- 満たすべき安全水準の基準(→構造基準、性能基準、リスク基準)(最低基準)
- 国の基準等は、最低基準である。
- 事業者は、これを満たすのは当たり前で、危険源を網羅し、いかに安全レベルを高めるかが使命。安全確保の第一義的責任は事業者にある。
- 技術基準のあるべき姿: **State of the Arts** (常に最新の知見に基づき改善し、高みを目指す)

ALARP (As Low As Reasonably Practicable)の原理



無視できる

リスク
安全設計思想について

AHARP: As high As Reasonably Safe

安全目標は条件によって変わる

- 時代によって変わる、社会の価値観によって変わる
- 分野によって変わる(製品、食品、医療、・・・)
- システムによって変わる(止められるか、止まれば安全か、能動的な安全、受動的な安全)
- 立場によって変わる
 - 利益を受ける側と被害を受ける側
 - 専門家と素人(非専門家)
 - 個人で受けるリスクと集団で受けるリスク
 - 自ら行うか人に強制されるか(主体的に選択できるか、与えられてしまうか)
- できるだけ共通の部分を探そう！

安全設計思想

～安全確保には論理と原理がある～

安全確保のステージ

・未然防止方策

↓(予防安全: 設計安全、寿命予測)

・事故を起こさない

↓(運用安全: 保守・点検・修理)

・危害のひどさを下げる

↓(衝突安全: 拡大防止、再稼働)

・再発防止対策(事後安全)

(事故調査: 原因究明)

・過去の歴史に学べ

・事故データを収集せよ

・緊急時を考えておけ

・全ステージを総合的に考えておけ

→ 正常な終焉(死に方設計) 廃棄

安全設計おける原則

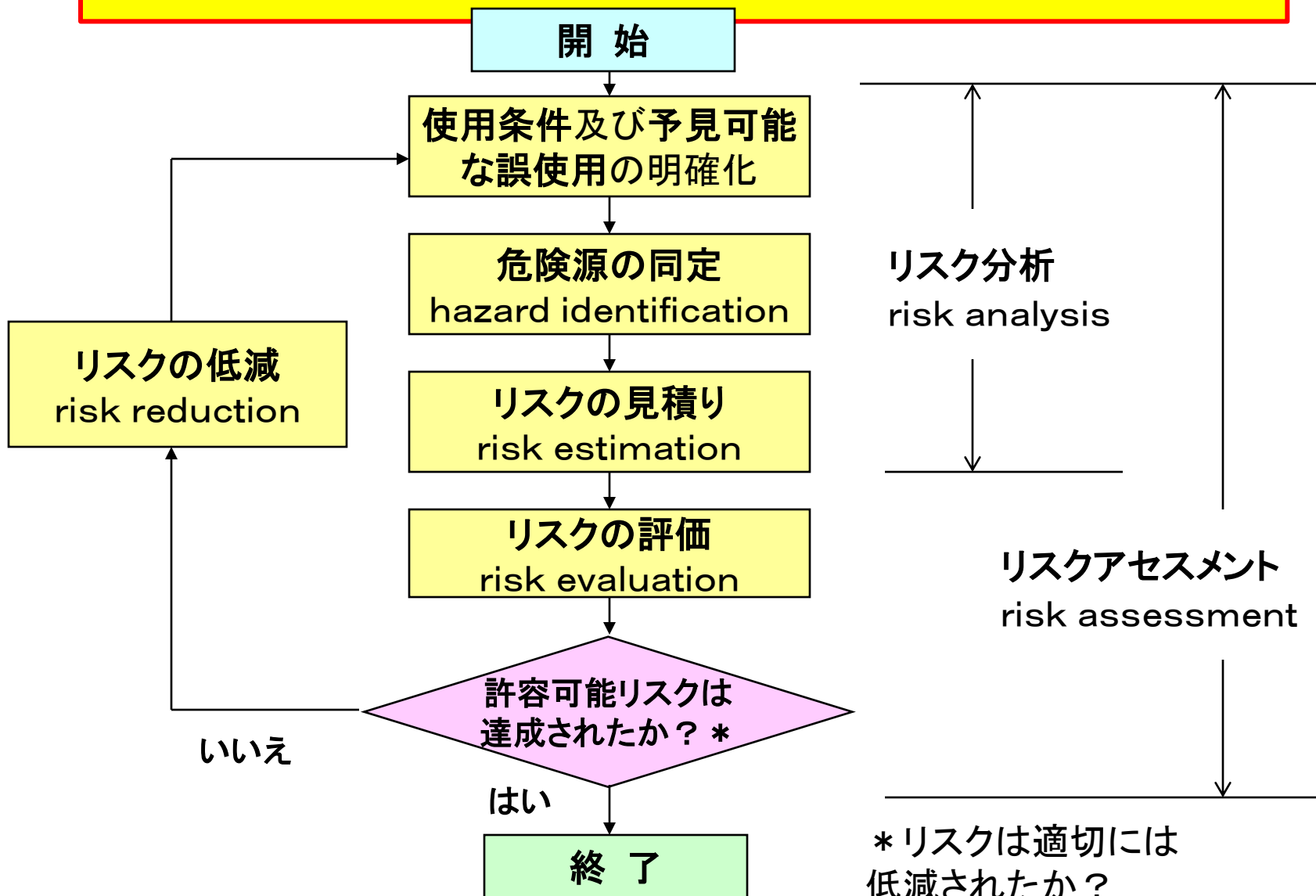
～安全設計思想～

- ・ **事後より事前に**（再発防止より未然防止）
- ・ **下流より上流で**（安全装置より安全設計）
- ・ **被害を受ける側より被害を与える側が**（人間の注意の前に施設・設備の安全化）
- ・ **力からの小さいものより力からの大きなものが**
（消費者より企業が、現場よりトップが）
- ・ ...

優先して方策を施すのが原則

リスクアセスメントの手順

(ISO/IECガイド51より)



安全設計思想について

スリーステップメソッド

～リスク低減策には順番がある～

(1) 本質的安全設計によるリスクの低減

(2) 安全防護対策(安全装置等)による
リスクの低減

(3) 使用上の情報の提供による
リスクの低減

↑ 設計製造側の役割

↓ 作業者の役割

* 使用上の情報に基づき、教育、訓練、
組織・体制・管理、個人防具による
リスクの低減

安全設計の考え方

構造安全

- 機械設備が故障しても安全側になる・・・**フェールセーフの構造**
- 人間が間違えても大事には至らない・・・
フールプルーフの構造

(コンフリクトはあり得る)

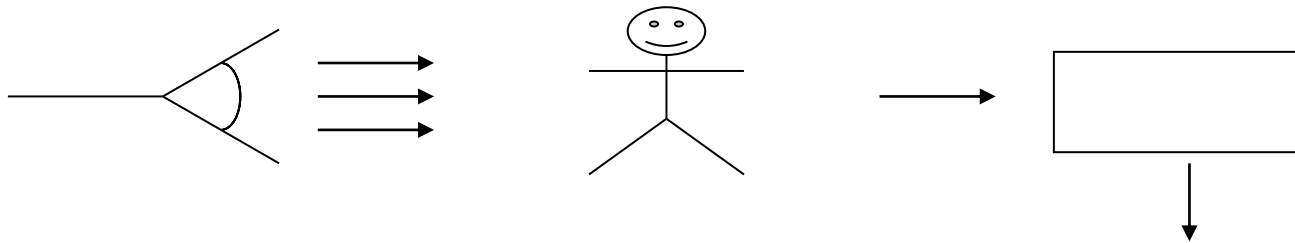
確率安全

- 信頼性を上げることで安全性を実現する・・・
多重系、フォールトレランス、多重防護の構造、数量化、機能安全

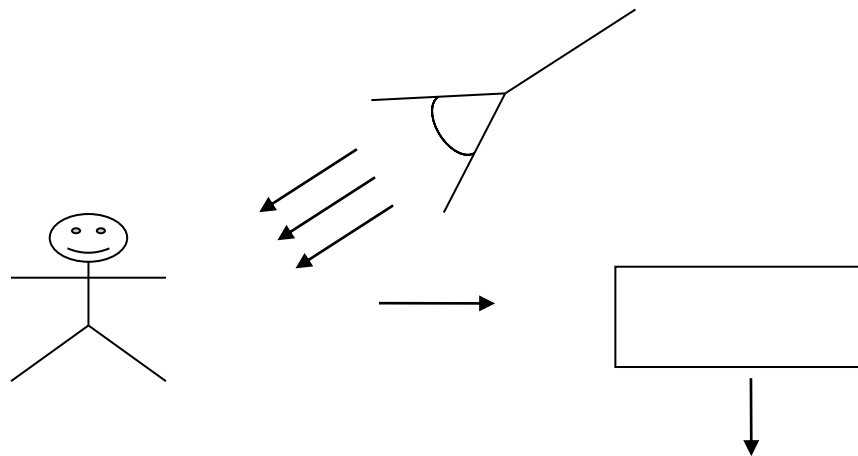
両者の融合が必須

～構造安全の例～

危険検出型と安全確認型

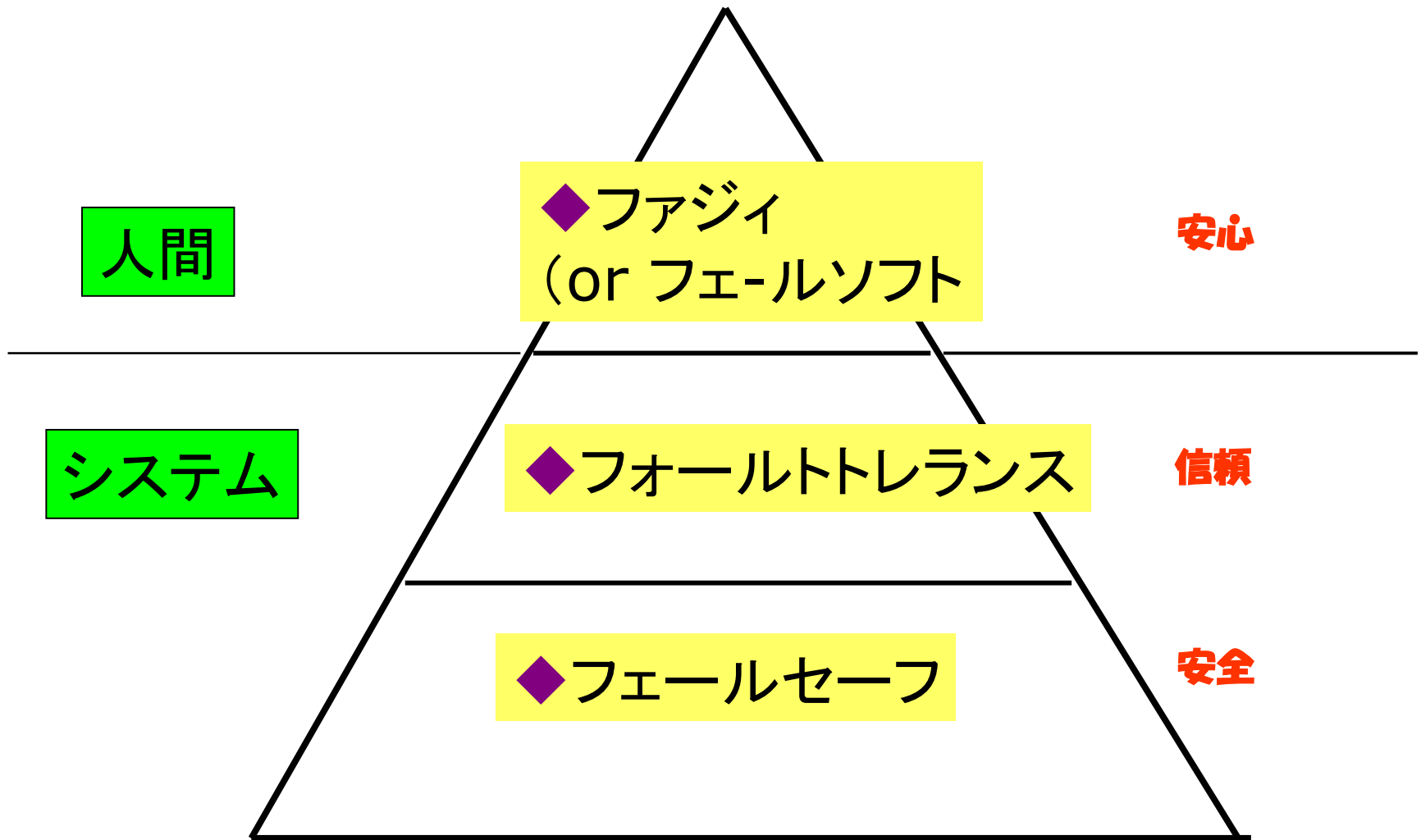


安全確認型センサー



危険検出型センサー

◆F³システムの提案



安全は総合的な学問である ～安全学の視点～

- 安全は、**技術、人間、組織〔仕組み〕**を総合して初めて、実現される
- 安全に関する学問は、**技術的側面**だけでなく**人間的側面、社会的側面**を含めて、安全工学や安全科学を含んだ更に広い学問体系である**安全学**として確立
- **安全学**は、**自然科学、人文科学、社会科学を包含した文理融合型、領域横断型の学問体系**
- ただし、それを支える**理念(安全哲学)**がなくてはならない

◆安全曼荼羅

～安全学の構成～

◆1.理念的側面

◆2.技術で守る

◆3.人間で守る

◆4.組織で守る

◆5.各分野の安全

◆6.安全関連分野

技術的側面

医療安全

まとめ

～安全と安心～

事業者の心得

- 顧客からの苦情、事故・ヒヤリハット情報を集めて分析せよ
- 事故は、正直に、すばやく、報告・公表（オネストリー、クイックリー）
- 責任追及よりは原因究明を優先
- 安全はコストではなく投資だ
- 事後処理の負担・金額を考えれば、事前の安全投資は安上がり
- ライフサイクルコストを考えれば、上流の、早急の安全対策の方が安上がり（設計段階、製造段階）
- 安全は、設計から廃棄まで

安全と価値観

～安全と安心は異なる～

- 安全と安心は明確に分けるべきである
- 安心には価値観が関与しており、科学(安全)と価値観(安心)は分けて考えるべきである
- 科学的事実を明らかにし(安全)、それを受け入れるか否かは、民衆が判断する(安心)
- 特にリスクの高い影響の大きなシステムに関しては、安心を得られない場合には、いくら科学的に安全であっても、作らないという判断はあり得る

安全・安心の方程式

＊ **情報の公開と透明性**が信頼を生む

- ・ **リスクコミュニケーションの重要性**
- ・ **安全が実現されている＋実現している人間・組織を信頼している→**

$$\text{安全} \times \text{信頼} = \text{安心} < 1$$

安全の基本は情報公開である

- 残されているリスクが最悪を考えてどのようなものであるかを事前に情報開示しておくこと
- 安全を合理的に、客観的に判断するためには必須のこと
- 良い情報も悪い情報の公開：隠さない
- 民衆がパニックに陥るだろうからとか、理解できないだろうからという理由で、残留しているリスク情報を開示しないというのは、正しくない。
- ただし、我々民衆も、冷静にリスクを判断する科学リテラシーや安全文化を身につける必要がある。それが正しく怖がるための基本である。

原子力に対する我が国の選択肢

- 今回の事故に学び、安全基準を高めれば、これまで以上に安全性が高まることは明らか。ただし、現在の構造や考え方のままで安全性を上げるという沿線上で（モグウたたきの対応？）原子力発電がこれからも認められるだろうか。
- わが国の技術力をフェールセーフな原子炉の開発に集中するという選択肢もあり得る
- わが国や世界の民衆の価値観に依存する大きな今後の課題である
- 大きな事故を起こしたからこそ、原子力発電の高度な安全性確保の技術の開発を根本から確立し、わが国は安全立国として世界に貢献して行く道を選びたいものである。

フクシマから何を学ぶか？

- チェリノブイリ⇒安全文化
- スリーマイルアイランド⇒ヒューマンファクター
- フクシマ⇒ State of the Arts (常に最新の知見に基づき改善し、高みを目指す)
 - ⇒安全の壁(思い込み)
 - ⇒

安全は全員で作る時代

- * **事業者・国の立場と消費者の立場の融合**
- * 事業側(国、経営者、管理者)は**安全**の達成を追及している
- * 現場(民衆、消費者)は**安心**を求めている
- * 事業者: 愚直なまでに安全を実現する姿勢、
良い情報も悪い情報(残留リスク)も情報開示、
リスクコミュニケーションを通じた民衆との信頼
関係の樹立
- * 消費者は、安全の常識を知り、リスクリテラシーを見つけよう
- * **情報の公開と透明性**が信頼を生む