
安全な実験室管理のための
化学安全ノート 第3版

Chapter 1
安全の基本

事故が発生すると、

研究室

被害が小さくても実験中断→研究遅延

被害が大きければ研究中止も

事業所

被害が小さくても製造中断→製造遅延

被害が大きければ設備の使用停止

→再開困難な場合も

社会的責務(CSR)

何を

- ・ 人命
- ・ 財産
- ・ 機械システム
- ・ 情報
- ・ 組織
- ・ 会社
- ・ 社会
- ・ 地球

どのように

- 人(教育、訓練)
- 技術(機械的機構、安全装置、自動監視)
- 情報(蓄積、伝達、処理)
- 人間・機械系(インターフェース)
- 組織的機構(管理、監査、認証)
- 法規(法律、規格、基準、罰則)

化学物質の総合安全管理

ライフサイクル(製造、輸送、貯蔵、使用、廃棄)にわたって、爆発・火災災害、健康影響、環境影響の観点から総合的に管理

1992年環境サミットで合意

GHS (Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals)

国際的に共通な危険性・有害性の分類と表示を行う

国連決議、日本でも実施

- ・ **可燃性ガスの爆発限界**

メタンの爆発範囲: 空气中 5~15vol%

ただし、限界付近は点火条件等への依存が大きく、確率的性質を示す。

- ・ **可燃性液体の引火点**

ガソリン -40°C以下

ベンゼン -11°C

メタノール 11°C

灯油 40°C以上

重油 60~150°C

引火点は測定装置に依存し、現実に応用するには不確実性もある。

- ・ **自動車事故 年間死亡率**
 4×10^{-5} / 年・人 (近年減少傾向)
- ・ **自動車衝突事故**
 10^{-2} / 年・台
- ・ **発がん性物質の禁止**
 生涯 10^{-5} / 人
- ・ **安全対策には決定論が必要**
 安全対策を行うためには**決定論的**具体策が必要
 死亡率が分かっても死亡を防ぐことはできない

- ・ **決定論的安全(絶対安全)**
安全な状態と危険な状態に明確な境界が存在する
- ・ **確率論的安全⇒リスク**
潜在危険はどこにでも存在する、顕在化するかどうかは 確率を用いて表される
- ・ **許容リスク(0にならない確率論的安全評価の結果をどう受け入れるか)**
工学的許容と社会的許容

- ・ **ハザード**
人身への危害、財産損失などの潜在危険
- ・ **リスク (r)**
工学的にはハザードの起こりやすさ p とハザードの大きさ c の関数、例えば、

$$r \equiv f(p, c) \approx p \times c, p \times c^2, \text{etc.}$$

ただし、最も広い定義では**事象の不確実さ**そのものが「リスク」であり、事象が危害を発生するものかどうかといった性格は問わない（例えば投資リスクなど）

あるドライバーのリスク R (円/年)を考える。

- 死亡事故を起こすリスク r_1 は

$$r_1 \approx \frac{5000 \text{人/年}}{5000 \text{万人}} \times 1 \text{ 億円} = 1 \text{万円/年}$$

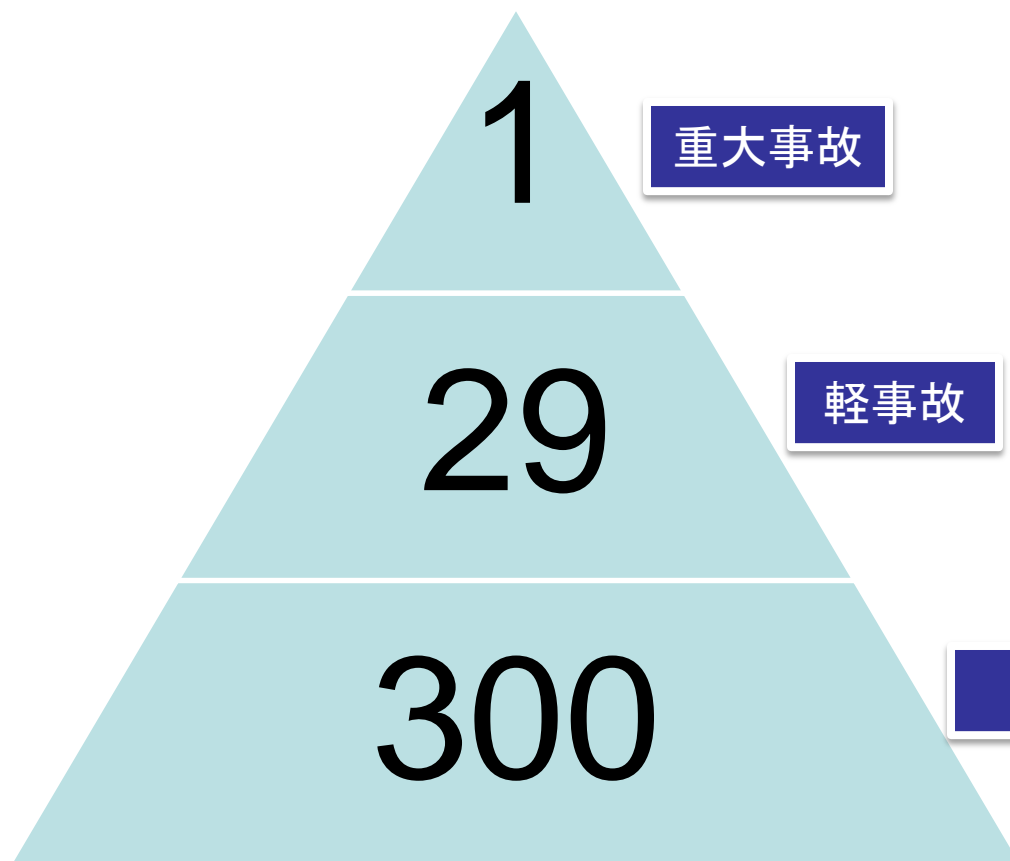
- 車同士の衝突事故のリスク r_2 は

$$r_2 \approx \frac{1}{100} \text{台/年} \times 10 \text{万円} = 1 \text{千円/年}$$

-

トータルのリスクは個々の事象のリスクの合計

$$R = \sum_i \text{これを保険というかたちで移転している}$$



1931年ハインリッヒが労働災害事故 55
万件を調査

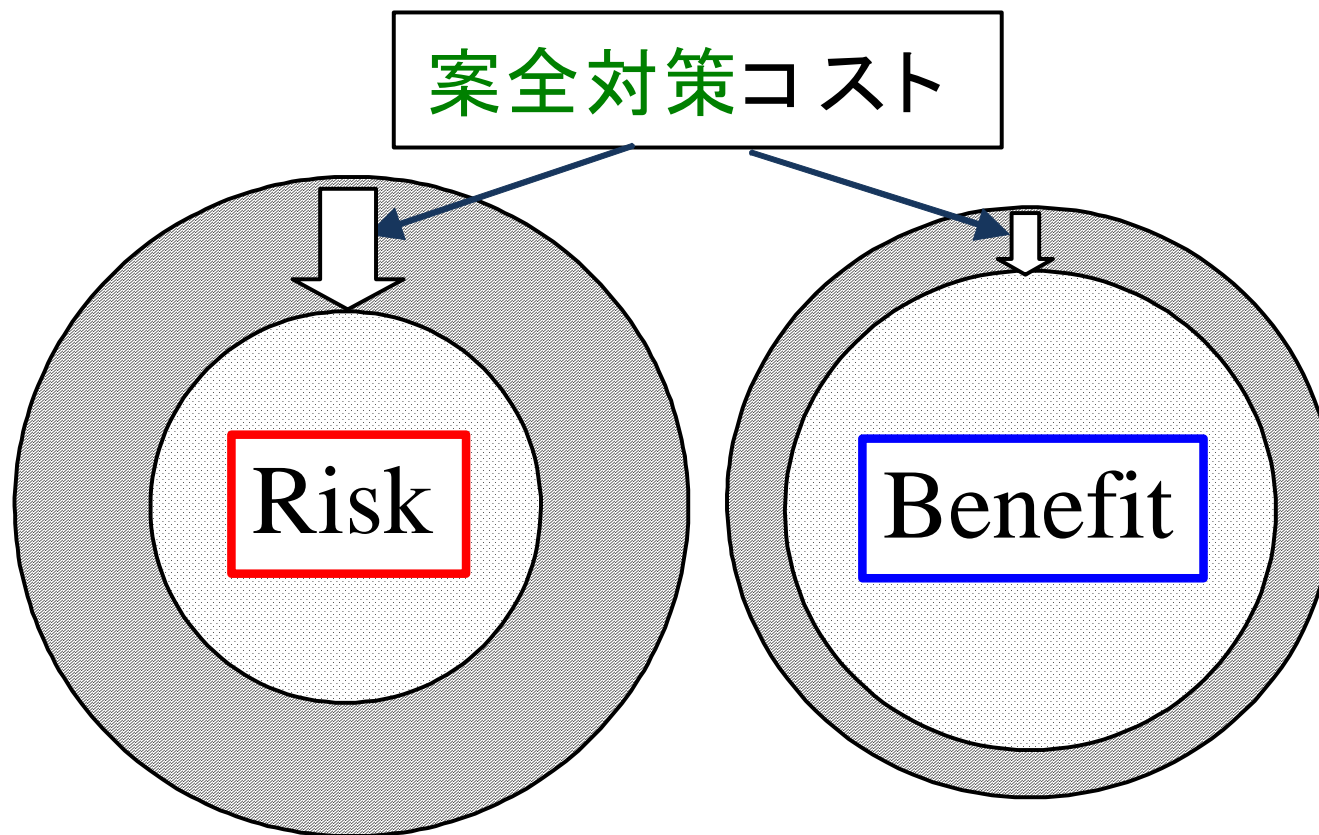
重大事故 0.3%(1)

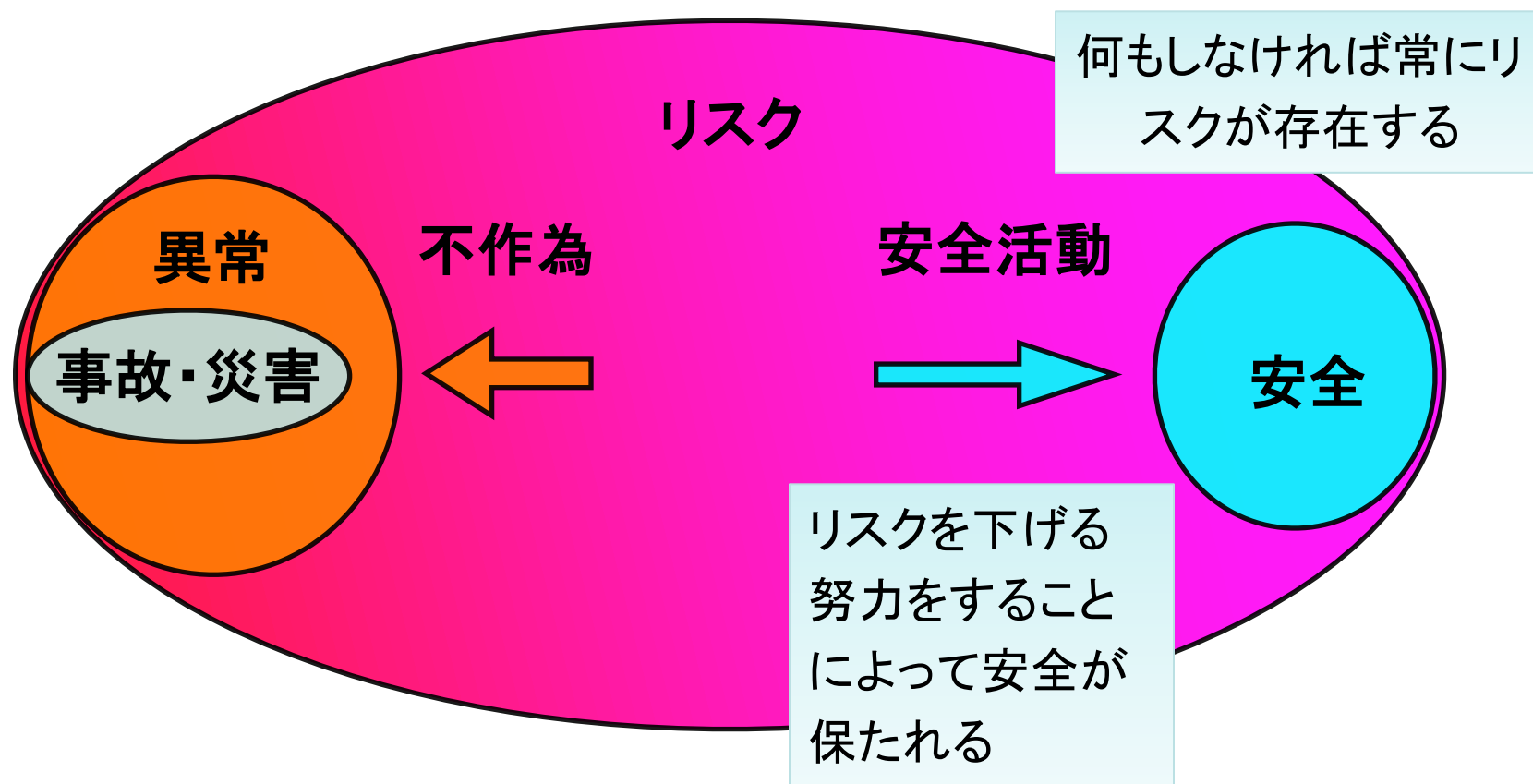
軽事故 8.8%(29)

傷害なし 90.9%(300)

という比率を発見

このバランスで考えるべき





東日本大震災（平成23年3月11日）の千葉県市原市の製油所の爆発炎上も想定外であった。

- ・ **定期点検中に地震が発生した。**
 - 被災した球形タンクの耐震強度は液化石油ガスの比重を想定したものであった。
 - 定期点検のため球形タンク内には水が張られていた。
 - 内容物の質量が設計より大きく、地震による振動で発生する応力が耐震強度を超えた。
 - 球形タンク脚部が破壊された。
 - タンクの横転により周辺の配管が破壊され、内容物が流出した。
- ・ **建設中、運転中の事故想定は行われているが、点検中については想定されていなかった。**

- ・ 米国は第二次世界大戦遂行のための国家プロジェクトとして、全溶接の戦時標準船(DWT 11,000トン貨物船、リバティー船)の連続ブロック建造を計画し、日米の太平洋戦争突入を機に、1942年から本格生産に入った。
- ・ リバティー船は1939～1945年の6年間で**2708隻**が建造された。1946年4月1日までに、リバティー船の**脆性破壊の損傷と事故が1031件**も報告された。そのうち**200隻以上が沈むか、または使用不能**という重大な損害を受けた。スケネクタディ号はその1隻で、岸壁に係留中に突如大音響とともに船体が真二つに折損した。
- ・ 原因は**鋼材の溶接継手の破壊靱性の不足による脆性き裂の発生と進展という未知の現象**であった。この大量の事故は、正に高価で壮大な世紀の大実験と言えるものだった。米国は脆性破壊について貴重な知見を世界に示し、これが破壊力学の体系化への出発点となった。

フランク・ナイト「危険・不確実性および利潤」(文雅堂銀行研究社, 1959)によると、

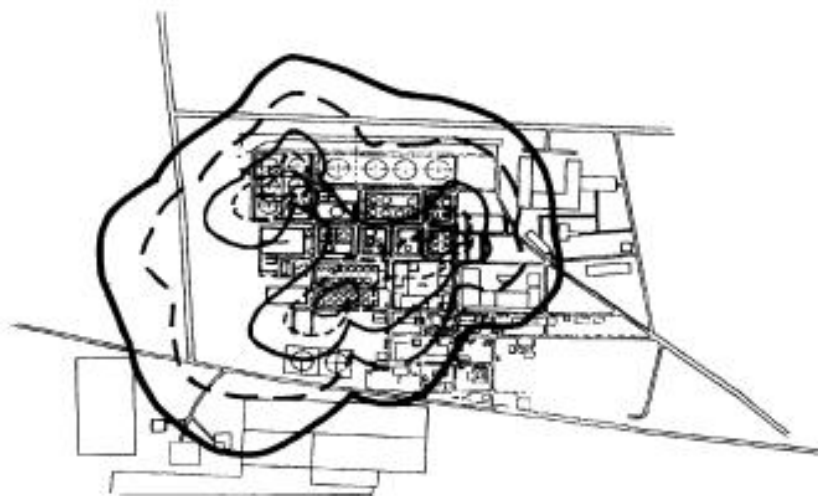
- ・ 不確定なことには、確率によって計測できるものと計測できないものがある。
- ・ 確率によって計測できるものが**リスク**、計測できないものが**真の不確実性**である。
- ・ 確率によって計測できるものには、サイコロの目のように数学的に決まる**先験的確率**と実測値によって定められる**統計的確率**がある。



工学的に表現できるリスクは広義のリスクの一部にすぎない

個人リスク

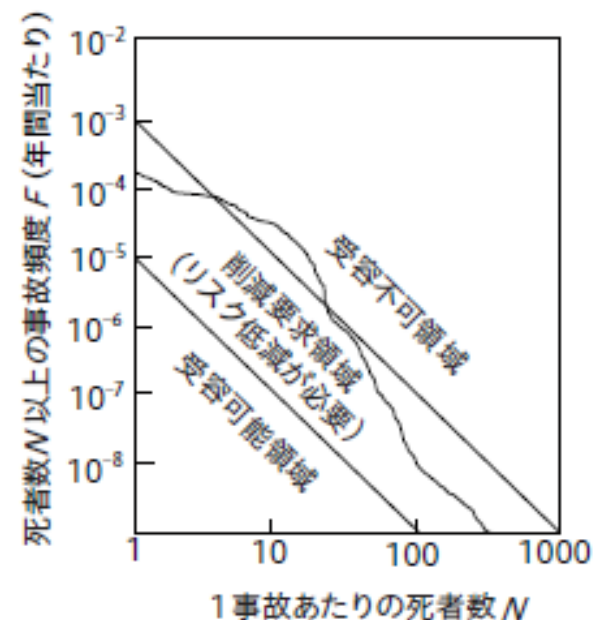
- ・ 事故によるプラント周辺の1人の人間の潜在致死率
- ・ プラント周辺の地図上で等高線(等リスク線)で表示



(出典：C.M. Pietersen, B.F.P. van het Veld, *J. Loss Prev. Process Ind.*, 5, 61(1992))

社会リスク

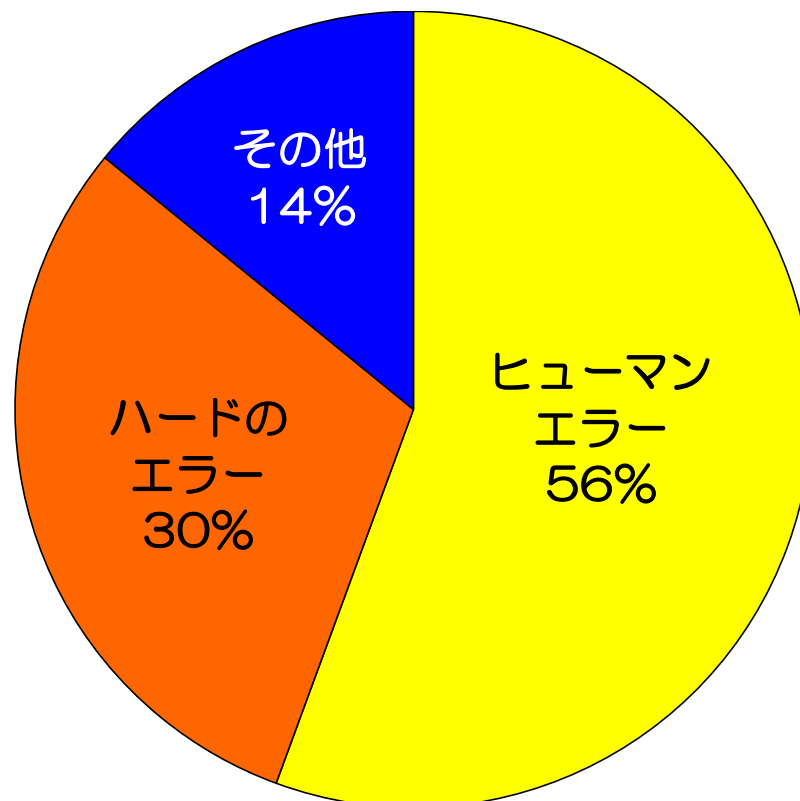
- ・ 事故によって生じる死亡者数とその被害を引き起こす事故の発生頻度
- ・ 事故発生頻度(F)と被害者数(N)をF-N曲線で表示



- ・ 人間は外部からの入力を知識・経験や価値観に基づいて認知する。リスクについても同様
- ・ 一般人(市民)には知識・経験が不足している
- ・ 専門家は知識・経験が豊富
- ・ 一般人と専門家ではリスク認知が異なるのが自然

シビアアクシデント (severe accident、**過酷事故**)とは、事故の被害程度を表す用語の一つであり、日本では、一般に原子力関連施設に関する大規模事故をさす。

- ・ 致命的な手術の失敗も結果の重大性という意味ではシビアアクシデントである。
- ・ シビアアクシデントは発生してしまうと事前の発生確率の予測は意味を失う。起こるか起こらないかという判断しか存在しない。



- ・ 安全文化、安全風土
- ・ 安全な状態

これまでは

- ・ 事故はない
- ・ 法規対応・形式的対応
- ・ 経営の負担
- ・ 設備重視の安全管理
- ・ 「墓標型安全管理」

これからは

- ・ 事故はあり得る
- ・ 本質安全化
- ・ 独立多重防護
- ・ 経営にとって不可欠
- ・ 総合的安全管理
- ・ 「予防型安全管理」

- ・ 日本では安全に関する企業風土があって、その一部として安全に関する安全文化があると考えられている。
- ・ 企業風土は変わり難いが、安全文化は変えられるのではないかという考えのように思える。
- ・ 英語ではそれぞれに対応するSafety Culture, Safety Climateという用語が使われている。
- ・ 2000年以前はSafety Cultureが使われていた。
IAEA・INSAG-4:「Safety Culture」(1991 年)
- ・ 2000年以後は、徐々にSafety Climateが使われるようになってきている
- ・ Safety Cultureは深く変わり難いのに比べてSafety Climateはそれほど深くなく、変え易いと考えられている。日本の考え方と逆？

日本では

人への危害や災害などが起
きていない状態

国際的には

人への危害や災害などが起
きていない状態を確保する
対策・手段が講じられ、確
実に実施されている状態