

リスクアセスメント

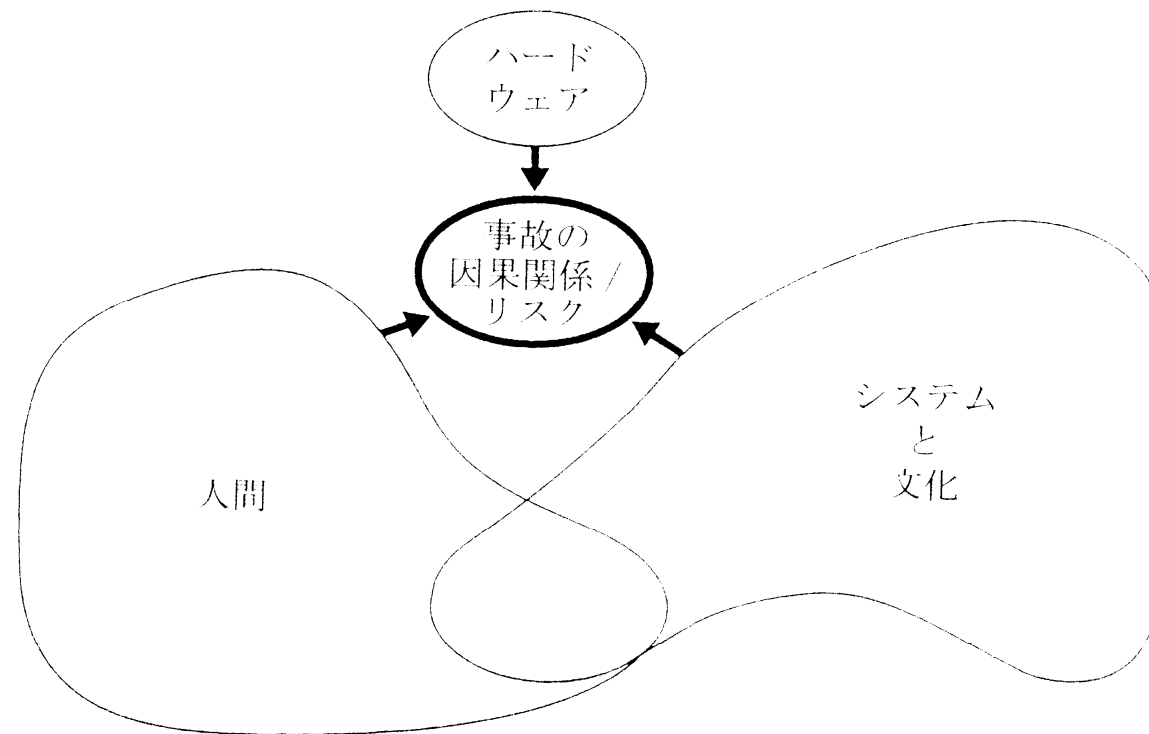
学習目的

「リスクアセスメント」Nick W.Hurst著と「リスク解析学入門」D.M.カーメン他著の教材を用いて、様々な事故のケーススタディーを扱い、事故の因果関係やそのモデルへの理論的アプローチ、リスクの評価と意思決定などを学ぶことを目的とする

参加者

竹内 有次(実験教育支援センター)
宗 潤子(理工学基礎教室)
花田 逸子(実験教育支援センター)
三谷 智明(中央試験所) : 五章担当
斉田 尚彦(実験教育支援センター): 二章担当
池田 裕史(実験教育支援センター): 三章担当
土屋 明仁(実験教育支援センター): 四章担当
長井 由木子(理工学基礎教室)
森 美穂(理工学基礎教室)
菊池 成人(実験教育支援センター): 一章担当

第一章 事故の因果関係に関するいろいろな 見方 事故のケーススタディ



事故の因果関係とリスクアセスメントに寄与する三つの主要因



ハードウェアの故障、人間の失敗、システムと文化の欠陥

1.ハードウェア(の故障)

この事故では技術問題に焦点が向けられ、どのようにして起こったか、
どういう順番で起こったか、ハードウェアの故障は直接的か潜在的か、
ハードウェアの設計や説明の不備などいろいろな可能性からアプローチする。

2.人(の失敗)

事故の因果関係において、人間の失敗を事故の直接の原因としてだけとらえる
のではなく、複雑で目に見えない複数の潜在的な原因も調べる。

3.システムと文化(の欠陥)

事故の因果関係としてシステムや文化の失敗が強調される場合は、
安全管理のためのシステムや文化が問題となる。

4.まとめ

一般的には事故のケーススタディでは、下記の問題が重要である。

- ・どのようにして起こったか？
- ・どういう順番で？
- ・直接のハードウェアの故障は？
- ・目に見えないハードウェアの故障は？
- ・直接的な人の原因は？
- ・目に見えないが人に由来する原因は？

事故事例(ケーススタディ)分析

・分子・超分子・超構造体リサーチセンター火災事故

日時:2002年9月4日(水)13:10 頃

場所:分子・超分子・超構造体リサーチセンター(16D棟)3階308号室(高分子化学実験室)

状況:学部4年生の女子学生(Aさんと略す)がドラフトの中でエーテル溶液から渡過によって高分子物質を回収する操作を行っていた。漏斗上の濾紙が破れて高分子物質が濾液の中に入ってしまったため、この濾液を本来なら廃棄タンクに捨てるどころ、隣のドラフト中のラテックス廃液の容器に移してしまった。この容器には主に固形高分子物質と水がためられており、水を蒸発させることにより高分子を固形分として回収して廃棄するために設置されたものである。濾液が固形分を含む溶液の状態であったために、エーテルであることを忘れて廃棄したものと思われる。事故の際には、ドラフト前面のガラス扉を降ろした状態でホットプレートを使って水分の蒸発を行っていた。Aさんがガラス扉を上げて廃液を移した際にエーテルがたれるなどして火が出たものと考えられる。まず、右手に持っていたフラスコに引火し、顔と髪の毛に炎が移った。驚いてフラスコを手放したため床から火柱が上がり、炎が床に広がった。床の火については部屋入り口付近にいた男子学生が部屋の外に設置してあった消火器を用いて鎮火させた。Aさんはとっさに修士1年生の女子学生(Bさんと略す)がいた部屋の奥に助けを求めて逃げた。床の火は消えたが煙が充満してきたので2人は実験室から退出した。実験室のすぐ外にシャワーがあったが煙の勢いが強くて使うことができなかった。2階の女子便所まで逃げてAさんの火傷を水で冷やしていた。次に火傷を水で冷やすために体育館のシャワー室に向かった。警備員に鍵を開けてもらってシャワーを浴びながら氷で20分ほど患部を冷やし続けた。その後、Aさんは救急車で横浜市立大学付属市民医療センターに向かった。Bさんも修士2年生の女子学生と他の救急車で横浜労災病院に向かった。Aさんは顔面および右手に1度から2度の火傷をうけて、2、3日の治療のために同医療センターに入院することになった。また、Bさんは食道に腫れがみられたため精密検査を受け、軽度ということで通院する必要がないという診断であった。

第一章でアプローチできること(事故の因果関係に関するいろいろな見方)

(1)どのようにして起こったか？

上記参照

(2)どういう順番で起こったか？

①エーテル溶液から高分子物質を回収する濾過作業 → ②濾紙が破れたので廃棄作業として隣のドラフト中のラテックス廃液に移す → ③隣のラテックス廃液はホットプレートで水分を飛ばしていた → ④こぼれたエーテル溶液がホットプレートにより引火 → ⑤火のついたフラスコを床に落とした → ⑥火のついたエーテル溶液が床に広がる → ⑦廊下の消化器により鎮火 → ⑧煙が充満していたので緊急シャワーが使えなかった → ⑨2階女子トイレで火傷を水で冷やす → ⑩保健管理センターへ移動したが閉まっていたので体育館のシャワー室へ移動 → ⑪シャワーを浴びながら氷で20分ほど火傷を冷やす → ⑫救急車で病院へ

(3)直接のハードウェアの故障は？

濾紙が破れる。ビーカーが割れる。

(4)目に見えないハードウェアの故障は？

ドラフトの位置 避難通路・避難用出口 緊急シャワーの位置 保健管理センターの閉鎖
緊急電話連絡

(5)直接的な人の原因は？

火気厳禁のエーテル溶液をホットプレートで加熱しようとした。

(6)目に見えないが人に由来する原因は？

廃液処理 安全教育 危険物取扱の意識レベル

第二章 事故の因果関係のモデルと理論的アプローチ

1. 工学としてのアプローチ(健康・安全・損失防止)

ハザードの特定と評価	→ 可燃性物質、毒性物質
ハザードの制御	→ 可燃性物質、毒性物質の封じ込み
プロセスの制御	→ 危険な方向へずれることを防止
損失の制限	→ 被害と傷害の最小化

2. ヒューマンエラー・ハードウェアの故障

人の行動は何らかの目的達成のため → 目的が達成されないときにエラーが起こる。

まずい設計、まずい手順、不十分な訓練といったものの最後の症状であることが多い。

表 2.1 ヒューマンエラーのタイプと行動および思考との関係のまとめ

人の行動タイプ	人の思考タイプ	人の間違いのタイプ
技能に基づく } 規則に基づく } 知識に基づく }	自動的 意識的	うっかりミス 行動や判断の間違い 知識に基づく間違い

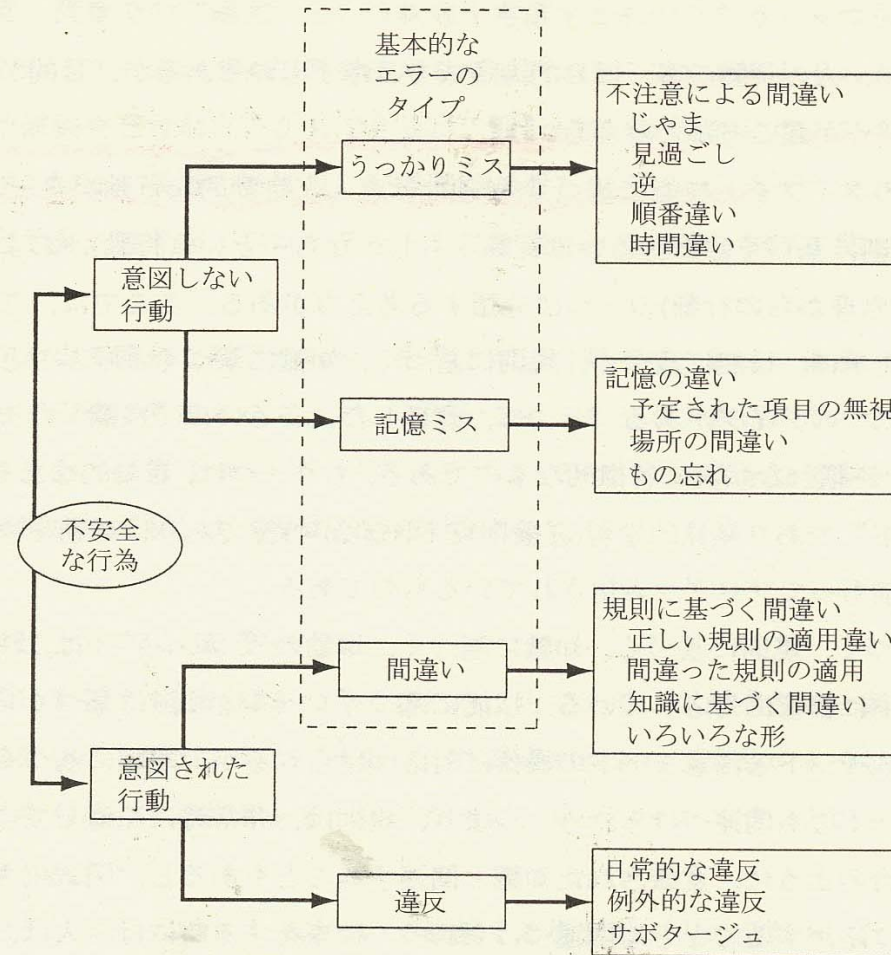


図 2.3 ヒューマンエラーのタイプ⁶

3. システムと文化

- ・安全に関する文化

個人とグループの価値観・態度・認識・能力・行動パターンの合算

- ・安全に関する態度

人々の態度を調査

- ・安全管理システム

安全を確保するためのシステム

全体としての管理規則および現場での予防のための諸注意

- ・社会工学的なシステム(人間および技術に関する領域を共に持つシステム)

事故の原因は複数ある

第1の(あるいは直接の)原因と目に見えない(あるいは根源的な)原因がある

システム失敗法 → 理想的なシステムと実際のシステムを比較する方法

第二章でアプローチできること(事故の因果関係のモデルと理論的アプローチ)

1. 工学としてのアプローチ(健康・安全・損失防止)

ハザードの特定と評価 → エーテル

ハザードの制御 → 本来エーテルは廃棄タンクへ捨てていた。

プロセスの制御 → 下図(事故状況図)で見ると、ラテックス廃液と廃棄タンクが近い場所に置いてあり、このようなことが起こる可能性はあったのではないか

損失の制限 → 消化器・シャワーの位置はどこだったか

2. ヒューマンエラー

目的が達成されないときにエラーが起こる → 濾紙が破れて高分子物質が濾液の中に入る

ラテックス廃液容器とエーテル廃棄容器が違い場所にあり、Aさんのうっかりミスを招いたのではないだろうか

3. システムと文化

- ・安全に関する文化・態度

学科または研究室内の安全教育はどのようにされていたか

Aさんの普段の実験態度はどうだったのか

- ・安全管理システム

理工学部または各学科で監査するシステムは？ → 防災点検 年1回

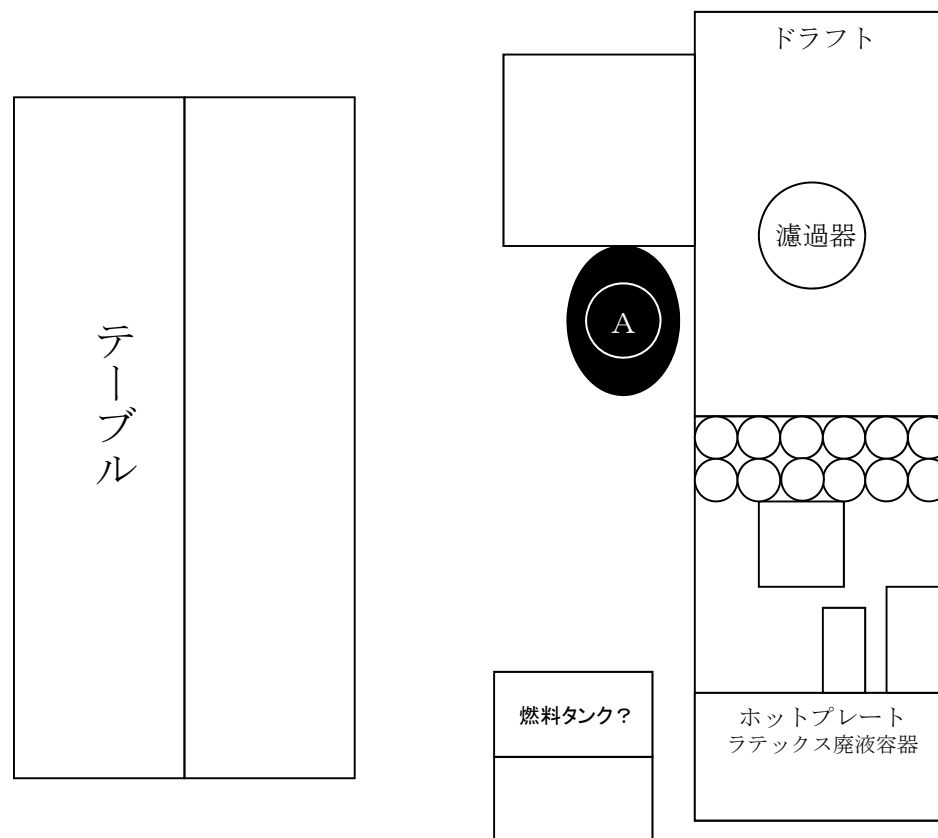
- ・社会工学的なシステム(人間および技術に関する領域を共に持つシステム)

事故の原因は複数ある → 実験失敗、うっかりミス、棄タンクの位置

第1の(あるいは直接の)原因 → エーテルを加熱中の廃液容器に移そうとした

目に見えない(あるいは根源的な)原因がある → 安全教育、危険物としての認識

事故時状況図



第三章 リスクの評価 ― 数値による定量的な表現

一、二章では、「機械、人、システムと文化」を「事故の原因」の観点から見た。三章では「リスクアセスメント」の見地からこれらを見ている。この章では、ヒューマンエラー、安全管理(Safety Management)、安全に関する文化と、リスクアセスメントにおけるリスク試算との関係が述べられている

■用語

assessment、estimation、evaluation …それぞれ「評価」、「推定」、「判断」と訳されているが、意味が近いいため混乱しやすい。assessment = 査定(または訳さず「アセスメント」)、estimation = 試算 or 概算(つまり数値計算)、evaluation = (価値)判断、と理解し、表記した。

プロセス産業(process industry) …装置産業。装置産業とは、設備投資による機械化・設備の増強により、省力化・合理化が可能な産業である。典型的な例が、鉄鋼・石油化学コンビナートなどであり、膨大な設備投資を基盤に成り立っている。別名、労働集約産業に対する資本集約産業として捉えられている。

■第3章の流れ

リスク = 頻度(確率) × 結果 (3.1)

リスクアセスメント = リスク試算 + リスク判断

工学的な観点からのリスクアセスメントは、「リスク試算」、つまりどれくらいリスクが大きいのかということと、「リスクの重大さの判断」、つまりそのリスクを受け入れることができるのかということの2つから成る。

リスクアセスメントの手順は以下の通り。

1. ハザードを特定する。
2. ハザードが原因で起こる事象の、物理的な影響と損害を考え、計算する。リスク試算
3. 事象が起こる確率を計算する。統計データを使う場合もある。
4. リスクの重大さを判断する。つまり、そのリスクを受け入れることができるかを判断する。



ヒューマンエラー、安全管理、安全に関する文化を考慮してリスク試算する必要がある。
(3.2、3.3、3.4)

リスクアセスメントにおけるリスク試算では、例えば安全管理の質や組織の要因を考慮し、数値などを修正する必要がある。プラントの事故率と安全管理の関係の場合、安全管理を改善すればプラントの事故率が下がる、逆に、プラントの事故率が安全管理の質の尺度になる、という関係である。ヒューマンエラー、安全に関する文化に関しても同様である。



リスクアセスメントは、データ、情報がリスク試算に入る程度により、その客観性と完全性が変わる。(3.5)

組織の構造、安全管理、安全に関する文化が理想的である組織ほど、事故率が相対的に低いことから、逆に事故率がリスクの尺度として導入される。

第四章 Risk and decision (リスクと意思決定)

第一章 安全性工学の失敗, ヒューマンエラー, システムと文化の欠陥という3つの観点で事故の原因を説明するいくつかのケースを紹介.

第二章 事故の因果関係を説明するためのいくつかの異なるアプローチを考察することにより自己の因果関係に関する異なる見方を展開

第三章 リスクの定量化(リスクの推定)を導入し, 安全工学, ヒューマンエラー, システムと文化という見方との関連で, リスクがどう定量化されるかを見た.

第二章, 三章

リスクに関するパフォーマンスの組織ごとの差
(⇒ 安全管理, 安全に関する文化, 組織の構造における差) について議論

本章では,

- ・リスクという概念の複雑さを考察し, リスクに基づく意思決定の例を導入.
- ・組織においてのリスクに関する“理想と現実の差”と“リスクパフォーマンス(リスクの評価によって得られる利得)の度合い”との関係について議論

★リスクという概念の複雑さと，リスクに基づく意思決定

リスクアセスメントの対象：

あまり起こりそうにもないが，おきれば影響が非常に大きい事故

※ハザード＝事故が起こったときの危険性の地域的な広がり

分子・超分子・超構造体リサーチセンター火災事故 の場合

ホットプレート上の容器にエーテルを移し出火するというリスク．

※ドラフト周辺や実験室全体はハザードとして捉えることができる

ハザードの観点（“客観的”で“現実的”）から

「発生した火災が実験室全体にまで広がる可能性がある」

「エーテルの量が多ければ火災の影響が及ぶ範囲は広がる」

影響の及ぶ範囲のほうが重要である．だからといって，実験室のほとんどの場所が使用できなくなってしまうのでは合理的ではない． ⇒ この観点から合理的な意思決定の仕組みを生み出すことは難しい．

トップダウン的

一方，リスクの観点（“主観的”で“組み立てられた”）から

・ 学生が誤った場所にエーテルを移してしまう

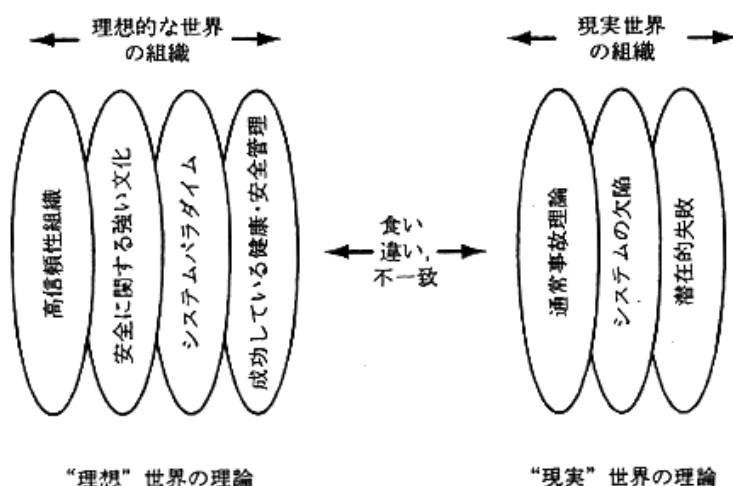
・ 引火した容器を落としてしまう

といった，事故に至るささいな出来事を重要．

ボトムアップ的

実際にリスクアセスメントする際には，リスクの評価とハザードを組み合わせることで非常に効果的な意思決定が行える．機材や実験環境だけを改善するのではなく，学生の知識や経験，行動に着目した対策を行うことも重要．しかし，これらの対策には非常にコストがかかる．さらに，コストだけではなく外部からみた組織の評価も関係してくる．リスク，コスト，その他の考慮すべき事柄は複雑に関係しあっている．

★リスクに関する“理想と現実の差”と“リスクパフォーマンスの度合い”との関係について



監査プロセス

“理想的なもの”からのズレを測定し、リスクの尺度上のある特定の点を示す。（安全管理システムの強度、安全に関する文化の強度 etc）

アセスメント手法は自由。

リスクのスケール（尺度）

いろいろな“理想的なもの”に関する理論との関係で較正されている必要がある。たとえば、多くの企業で実際に達成された事故のパフォーマンスの差を解析するなどして決定。

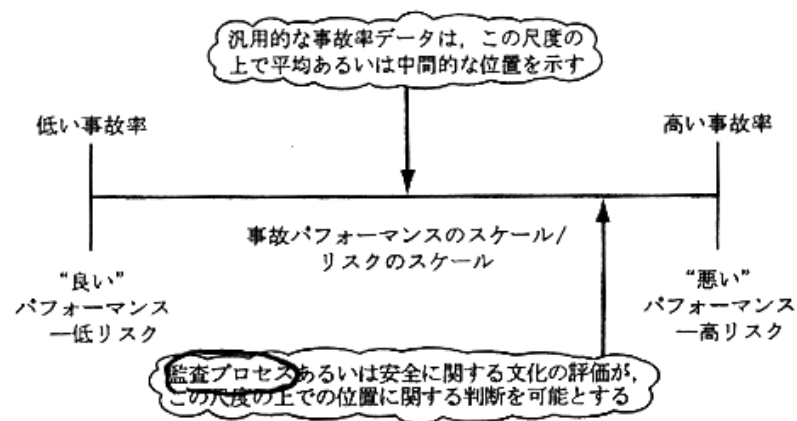


図 4.3 組織の特性に関する事故パフォーマンスの尺度(リスクの尺度)。理想的な組織は理想的なものの理論で記述される。これらの組織では事故率は低い(低リスク)。現実世界の組織は理想的な組織と比べて大きな違いを示す。事故率がより高く、リスクがより大きい。技術的な点が同等だと仮定しても、理想的なものと現実世界との差が大きいと、それだけリスクの差が大きくなる。ある組織がリスクの尺度の上でどこに位置するかは、監査プロセスが判断する。これは、理想からの差が現実の組織の欠陥や問題をもたらすからである。これらの差は監査プロセスで測定される

第五章 考察と結論

ところでリスクアセスメントはどうなるのか

5. 1これまでの結論

第一章 事故の因果関係に関する色々な見方

ハードウェアの故障、人の失敗、システムと文化の欠陥

⇒上記の3つの観点から事故原因を考える

第二章 事故の因果関係のモデルと理論的アプローチ

工学としてのアプローチ(健康・安全・損失防止)

ヒューマンエラー・ハードウェアの故障

システムと文化

⇒相違する複数の見解からのアプローチを考察

第三章 リスクの評価

リスクの定量化 リスクアセスメント=リスク試算+リスク判断

安全工学・ヒューマンエラー・システムと文化の関連からリスクを定量化する。

⇒データ、情報が入る程度によって客観性と安全性が変わる、安全管理、安全に関する文化が理想的であるほど事故率が低い

第四章 リスクと意思決定

リスクアセスメント ハザードの特定、リスクの試算、リスクの評価

⇒意思決定 リスク概念の複雑さの考察、リスクに関する理想と現実の差とリスクパフォーマンスの関係について

リスクアセスメント 人間次元の問題

- ・人間がリスクを推定する
 - ・人間がリスクの値を判断する
 - ・事故の原因に人間が関係している
 - ・人間はリスクとともに生きるか、受け入れるか、我慢するか、いずれかを選択せざるを得ない
 - ・リスクアセスメントには、人間にとって重要で考慮すべき問題(経済、政治)が関係している
- Dale Jamieson“不確実性という考え方は、何らかの目的に奉仕するために科学と社会の両者によって作りあげられた。科学的な不確実を認識することが、リスクに関する問題の多くが文化的な問題であり、単に科学を応用しても克服できないという状況を知るのに役立つだろう。”
- リスクアセスメント≠純粋な科学

＝人間次元の問題 ⇒ 客観的／主観的論争を通じて表現

主観的／客観的論争

K.S.Shrader-Frechette 主観的:文化相対主義者 ⇔ 客観的:純朴な実証主義者

社会的に考えられる定義 測定できる現実

専門家、非専門家ともにリスクの認識を持ち、だれもリスクに関して真理に到達する特権を持つわけではない。

Shrader-Frechette 文化相対主義者に対して批判的な見解を示す。リスクアセスメントは客観的、科学的である。文化相対主義と純朴な実証証言の中間的考え“合理的なリスク判断”

⇒ “科学的な手続き主義”リスクアセスメントは、合理的な理論と批判の対象になる。

経験的な出来事によって影響される確率に部分的に依存している。

説明と予測という科学のゴールにどう役立つかという点で批判される

⇒結果として、リスクアセスメントには多くの欠点と偏りが避けられないが使い続けなくてはならない。

リスクの判断に対して持つ意味

新たな枠組み

Shrader-Frechette

リスクアセスメントに客観性を最大限に利用してリスクの問題に対する解決方法を交渉する際に 市民の関与と同意を得るメカニズム ⇒ 合理的なリスクの判断
(P103図5.4参照)

リスクアセスメントに対する行動計画

リスクアセスメントは、ポストノーマルサイエンスである。

リスクアセスメントは純粋に客観的なものではなく人間次元の問題が満ちている。

純粋科学としてのリスクアセスメントという考え方は放棄すべきである。

リスク評価者は自分の仕事に対してこのことが持つ意味を探求すべきである。

リスクに関する論争は歓迎すべきである。

リスクアセスメントの持つ意味は、他分野にわたるチームで探求すべきである。

リスクアセスメントは強い客観的な要素を持っている。

リスクを推定する人は、科学と統計の使用について説明し擁護するべきである。

リスクアセスメントでは、理想的組織と現実世界の組織を記述できる統一した説明が開発されるべきである。混乱して一貫性のなくなった用語を定義して使い混乱に対処する必要がある。

リスクアセスメントおよび新しい枠組みで使用する用語は、リスクアセスメントの相対的な客観性を反省する必要がある。

事故を未然に防ぐ条件

・ハードウェア

実験室の目的

実験室の出入口数

実験室の窓(換気・採光)

実験設備(ドラフト、高圧ボンベ)と人およびその他のものの隣接空間

・システムと文化

劣化しない教育方法の導入(定期的に繰り返し行う)

最新の情報を供給する

事故を起こさないための複数の人間による管理(組織)

・人間

実験に必要な知識を学ぶ

教育された内容を守って行動する

リスクアセスメント

そこに身をおく人とは利害敵に関係のない有識者を含めた事前検討と評価が必要

学習会を終えて(感想)

宗 潤子(理工学基礎教室)

最近、理工学部でなぜ事故が多発するのか、何か事故を防ぐ方法はないのかと悩んでいたところ、“リスクアセスメント”の勉強会の知らせがあり参加しました。さまざまな事故のケーススタディから事故の因果関係に関してのいろいろな見方や理論的アプローチなどを勉強することができました。しかし、章が進むに従いかなり難解になってきて、正直、最後はようやく終了したとほっとしたのが本音です。先日、理工学部環境保全プロジェクトが行った“ヒヤリハットの経験事例集”を読むと、実験を行っている学生の貴重な体験が書かれており、この資料が生かされて無事故に繋がる勉強会などができればと思っています。

花田 逸子(実験教育支援センター)

事故事例のケーススタディーを通し、どういうリスクが含まれていたかを詳細に考える機会を得ました。また、そのことにより、実験実習の教育現場でのリスクマネジメントの必要性を痛感しました。

三谷 智明(中央試験所)

リスクとは、日常の人間の生活や行動のすべてに影響をもたらす、無関係でいることができないものである。学習会の中では、実際の事例等を利用してさまざまな側面からの検証を行ったが、検証結果や事前に想定されるあらゆる事項を解析しても確証のある数値を導き出すのは難解である。しかし、つねにリスクと背中合わせであることを理解し、リスクと向き合いながらこの数値を近似していくことで、我々の生活や行動を守っていくことにもつながるのではないだろうか。もともと、リスクを追求することそのものはファジーなテーマへのチャレンジであると感じていたが、学習会を通じて理解を深めるうちに確立された文化の習得であると思えるようになった。

齊田 尚彦(実験教育支援センター)

学習会では、学内で起きた事故を事例に参考書に基づいて、事故の解析を進めていった。解析するに当たってははじめに事故の起きた環境を確認し、起こるまでの流れ、どの時点で事故が起こりえる行動があったか等をメンバーで意見交換し、その後様々なリスクへのアプローチ方法を学んだ。実験、実習等で事故が起こる状況はいたる所にあるが、これは未然に防がなくてはならない。何十年も事故が起こらない実験テーマでも絶対に安全なものはないと思う。今回学習会に参加して、実験室の環境を確認する機会ができた。どのようなことが起こりえて何が原因になり得るのかを推定し、事故に発展しにくい環境にしていきたい。

池田 裕史(実験教育支援センター)

理工学部には事故の原因となる危険物が数多く存在します。ですから事故を全くゼロにすることは不可能なことかもしれません。しかしそれだけに災害や事故の被害を最小限に食い止めることは非常に重要であると言えます。我々技術職員も、学生と教員に安全な環境を提供するために、どのような役割を果たし、そのためにはどのような知識と技術を習得すれば良いのかを自覚しておく必要があると考えます。この学習会に参加させて頂いたお陰で、リスクアセスメントとは何なのか、そもそもどういうことを勉強すれば良いのかが徐々に分かって来ました。そして今まで未知の領域だったリスクアセスメントの考え方も知りました。この学習会を契機に今後さらに必要な知識を習得し、理工学部の環境安全に少しでもお役に立てればと考えます。

土屋 明仁(実験教育支援センター)

今回の学習会で、ハザードやリスクの概念、災害の解析・評価や予防のための手法について学ぶことができた。理工学部にはあらゆる分野のさまざまな研究活動が混在しているが、このような複雑な状況においては、従来の防災推進に加え、学生や教職員など各個人レベルからの、「災害に対する意識の植え付け」や「広い視野・多くの視点からの災害の見方の教育」が非常に重要になるのではないだろうか。私自身としては今後環境防災について学んでいくきっかけをつかむことができたと感じている。

森 美穂(理工学基礎教室)

リスクアセスメント学習会に参加して、日頃、リスクとは隣り合わせの職場にいることから、大変興味深かった。また、職場にいるだけでは学べなかった様々なケーススタディーを学べたので、非常に有意義だった。今後も学習会で学んだことを思い返し、役立てていけたらと考えている。

菊池 成人(実験教育支援センター)

「リスクアセスメント」の学習会は、理工学部で起きた事故、あるいは起こる可能性のある事故を多角的に検証し、その因果関係へのいろいろなアプローチの仕方を学ぼう、というのがこの企画の狙いであつた。当初は、「リスクアセスメント」と「リスク解析学」の2冊の本を用いて学習し、実際の理工学部で起きた事象事例を基に、実験教育に内在するリスクをアセスメントする予定であつた。しかし薄い冊子の「リスクアセスメント」は意外に奥が深く、何度も読み返し理解し、事象事例にあてはめて考えていく作業は思った以上に大変であつた。「リスク解析学」は統計学的手法を用いてリスクを解析し、定量化をする教材で、さらに難解であつたためこちらは有志による任意参加の学習会となった。

この学習会では、事故の因果関係に関するいろいろな見方として、ハードウェアの故障、人間の失敗、システムと文化の欠陥を取り上げ、その主要因を中心としたモデルとリスクへの理論的アプローチおよび工学的アプローチの仕方を学んだ。そして最終的にリスクに対する意志決定をどのようにすべきかを学ぶことができた。また定量的なリスクアセスメントのプロセスとして、まずハザード(危険性)を特定し、その影響の量依存性評価と暴露評価をした後、最終的にリスクの判定をするといった解析手法を学んだ。これら学んだことを、環境保全プロジェクトや実験教育支援の安全活動に役立てて行ければと考えている。