

リスク感性向上のための防災・安全教育

— リスク認知度と防災・安全意識の調査 —

Education of disaster reduction and safety for improvement of risk kansei

— Research on consciousness of disaster reduction and safety as well as risk cognition —

関谷 正明

Masaaki SEKIYA

平成 20 年度の千葉科学大学教育研究「製造業と大学における防災・安全教育とリスク認知度調査」の概要について紹介する。ここでは製造現場におけるベテラン技術者・技能者等の人材不足をリスクとして捉え、このリスクを避けるためには製造現場における事故・災害の低減並びに防災技術の向上・充実が重要であり、これを担保するためにはベテラン技術者・技能者等から若手技術者への世代間技術伝承及び各人の実践的な気づき能力の基になる感性の向上が求められていることに注目した。本学危機管理学部に所属する学生がスムーズに就職することを考えた場合、リスクを認知する感性を高めることが重要となる。これに応えるべく実践的に役立つ比喩的線画を用いた図解・イメージ法を開発し、これを用いて本学危機管理学部学生のリスク理解度調査を行なったところ有効であることが検証された。また、リスク等の有機的リスクシフト関係が見える新しいリスク認知のためのリエゾン回転視座法を独自に開発したので、この詳細を提示する。さらに、製造業における防災・安全分野のプロフェッショナルのキャリアについて面談によりヒヤリングし、典型的キャリアラインのモデルを作成した。これに基づき、大学教育としての総合的危機管理分野の典型的な能力開発・進化プロセスの全体像を提示した。

1. はじめに

2007 年度は千葉科学大学教育研究として、「製造業にお

千葉科学大学危機管理学部危機管理システム学科
*Department of Risk and Crisis Management System,
Faculty of Risk and Crisis Management, Chiba Institute
of Science*

(2008 年 9 月 30 日受付, 2008 年 12 月 24 日受理)

ける防災・安全教育と技術伝承調査」¹⁾について報告した。2008 年度も、「危機管理教訓に関するシミュレーション」²⁾のなかで数理科学的手法により客観的リスクを算出し、心理学上の主観的リスクと比較検討を行ない、防災・安全分野における科学技術的詳細シミュレーション解析手法の有用性及び妥当性並びに重要性を報告した。

製造現場において 1947 年生まれの人々が 2007 年から定年を迎えてきたいわゆる「2007 年問題」は、再雇用制度により当面の熟練者不足としてのリスクは避けられたものの、5

年後の2012年には再びリスクとなることを鑑み、このリスクを避けるためには製造現場における事故・災害の低減並びに防災技術の向上・充実に重要であること、具体的には防災・安全分野においてベテラン技術者・技能者等から若手技術者への世代間技術伝承及び各人の実践的な気づき能力等の感性向上が肝要である。このような背景のもと、製造現場や技術分野に本学危機管理学部学生がスムーズかつ安心して就職・就業していくためには、製造業と大学間における防災・安全分野での人材育成並びに技術伝承のリンクを計ることも重要である。このため本大学の危機管理教育において、学生もリスクを認知するための感性を高めていくことが強く求められるので、我々も学生に分かり易くかつ直感的なイメージを与えるべくリスク認知向上を目指した実践的に役立つ図解・イメージ図を利用した右脳の教育手法の開発を行なっている。

本学危機管理学部学生の危機管理に関する感性を向上させるための基礎データ収集及び分析等の研究として、2008年度は千葉科学大学教育研究として、「製造業と大学における防災・安全教育とリスク認知度調査」を行なっている。具体的に本学危機管理学部学生のリスク理解度調査を行ない、その概要及び調査結果とこれに基づきリスク感性向上のための訓練マニュアル用手法を開発し、これの有効性と妥当性を検証した。また、リスク、リスクマトリックス、ALARPの有機的なリスクシフト関係が見える新しいリスク認知の手法としてのリエゾン回転視座法を独自に開発したので、これらについて報告する。

2. 危機管理におけるリスクとハザード

2.1 リスク、ハザード、リスクマネジメントの定義と概念の図解

危機管理には、危機管理学部の英文表記にもあるように危機発生以前の狭義のリスクマネジメント(Risk Management)と危機発生以降のCrisis Managementを含む広義のリスクマネジメント(危機管理; Risk Management)²⁾があり、ここでは広義の意味で使用する。次に、このリスクマネジメント、リスク、ハザード等の定義と内容について説明する。

リスク(risk: 危険性と訳される)とは、特定の条件下で化学的または物理的要因への暴露により有害な事象(死亡、傷害、損失)が発生する可能性または予想頻度すなわち危害(harm)発生の蓋然性(確率、発生頻度; probability)と危害及び有害性事象の結果としての残酷さ(severity)あるいは影響の重大さ(consequence)とを組み合わせた危険性とISO等で定義³⁾されている。一方、安全(safety)とは受容できないリスクから免れている状態のことと消極的に定義されている。これによりリスクは、確率の概念⁴⁾が基礎となっていることが理解できる。

リスクを起こす原因となるハザード(hazard: 有害性と

訳される; 危険性の原因)とこれの受け手(receptor)がある時にリスクが存在し、ハザードの強度と受け手との相対的距離でリスクの大小が相対的に変わる。

例えば、この概念についてリスクを起こす原因となるハザードをライオンに喩え、さらにこの比喻されたハザードであるライオンに対峙する受け手を赤ん坊とし、この両者の関係及び距離を図解すると図1のようになる。



図1 リスクとハザードの概念の比喻図

図1より、弾猛なライオンが赤ん坊に近ければリスクは大きくなる。距離の遠近によりリスクが変化し、遠ければリスクが小さくなり安全となる。

また、リスクマネジメントとは、例えば組織の様々なリスクを予測・特定し、組織を指導・管理・調整し、原則的には好ましくない事象の発生を抑制・予防し、あれこれ手を尽くしながら組織の目的(地)への到達を図ることといえる。

これは個人の場合にも当てはまるので、個人の場合のリスクマネジメントの概念を比喩的に図解したものを図2に示す。



図2 リスクマネジメントの概念図

2.2 リスク、不確実性、不確定性等の区別

不確実性と不確定性は両者とも英語ではuncertaintyと訳される。世の中には起きるか起きないかを確定的(certain)に予言できる現象と予言できない現象がある。起きることが確定的に予言できる現象は科学的に存在し問題ないが、確定的に予言できない現象では、さらに起きやすさを数値で表現できる場合とできない場合、下記に示す①と②の2通り⁵⁾がある。

まず、①起きやすさを数値で表現できる蓋然的な場合にはその数値を確率⁶⁾といい、この確率は真偽を客観的に判定する手段が存在するとき限り確率論において意味をもつ。すなわち将来の出来事が客観的に確定⁷⁾であるのでこれをリスク状況⁸⁾といい、客観的確率として統計学上の確率分布情報がある。このリスク状況で用いられる確率は、個

然性の程度¹⁰、すなわち偶然性と対置される必然性を基準にそれからの隔たりの程度、あるいは必然性減少の極限としての不可能性を基準にした可能性の程度とも考えられる。なお偶然¹¹とは、現在における時間的視座において「たまたま然ある(そう在る)こと」であり、過去に繋がる必然性(必ず然ある、そう在るさま)や未来に繋がる可能性(いまだ然あらずのさま)とは異なる。つまり偶然は可能から見れば、「無いことが可能であること」であり、必然から見れば、「在ることが必然でないこと」である。これらから、偶然性増大が可能性減少でありこの極限が不可能性を表わす確率0%、偶然性減少が可能性増大でありこの極限が必然性を表わす確率100%と同じになる。したがって、リスクは0%あるいは100%でない数字で表現されることが理解できる。なお、必然と偶然の関係は3つの視点(長・短のスパン、巨・微視的、部分・全体指向)の見方・とり方¹²によってもシフトするといわれている。

一方、②起きやすさを数値で表現できない場合を不確実性(狭義のuncertainty)といい、これは将来の出来事が実現するかどうか不確定であり、単に主観的な確実性(sure)¹³の状況の場合をいい、確率分布の情報がないか不完全である場合である。

またエネルギー形態の分野において、不確定性関係(uncertainty relation)¹⁴とは、W. Heisenbergが電子の波動と粒子の二重性を直感的物理的に理解するため導いた関係であり、ハイゼンベルグの不確定性原理(uncertainty principle)とも呼ばれ、電子の位置と運動量の同一方向の成分を同時に正確に(ばらつきが無いように)決定することができない、つまり確率表現(確率分布情報)で表現されていることが理解される。

このように、不確定性(広義のuncertainty)はリスクや不確実性との関係からリスクと不確実性(狭義のuncertainty)の両方の状況を包含していることが分かる。

2.3 災害、事故等の区別

災害は英語¹⁵でa disaster、an accidentと訳されるが、一般的にa disasterの方が多く用いられている。事故はan accidentと訳され、事件はan event、an incident等と英訳されている。また、incidentはaccidentより小さな出来事であり、accidentは思いがけない事故により負傷や死を伴う不慮の出来事であり、eventは数学・統計分野において(確率)事象、すなわち起こるか起こらないかが偶然によって支配される事象と説明¹⁶されている。eventは比較的重要な、または注目すべき出来事、incidentはあまり重要でない出来事で偶然に、あるいは重要なeventに付随して起こったものと区別¹⁷されている。また、event treeの場合のeventとは、災害や事故の一連のプロセスにおいて枝分かれ時点での出来事を確率的に考えた場合に、それぞれの出来事あるいは構成要素を事象¹⁸と称している。

産業安全の分野¹⁹において、人の被害を伴った場合には「災害」といい、人の被害を伴わない場合は「事故」と称している。

法律の分野では、内閣官房の法令翻訳データ集(Translations of Japanese Laws and Regulations)²⁰によると、災害はdisaster、事故はaccident、防災はdisaster preventionと英訳されている。また高圧ガス等の産業事故²¹のなかで、事故とは、「第三者に被害を与えるもの、施設・設備に被害を与えるもの」をいい、異常現象とは、「何の被害も与えないが通常とは異なる現象をいう」と定義されている。

イメージ比較²²によると、accidentは外部的要因が降りかかって起きることに対し、incidentは内部から付随的に起こると区別されている。

これらを総合的に判断し、今後は災害をdisaster、重大事故をaccident、小事故をincident、事故や災害のプロセスを構成している要素・出来事を事象としてeventとする。この災害と事故類のイメージ図を図3に示す。なおincidentの場合には、一般的に、①無傷の場合と、②ソウコウ程度の傷を負った場合の2種類が区別されて使われている(少なくとも休業4日未満程度の事故・災害)ことに注意する必要がある。

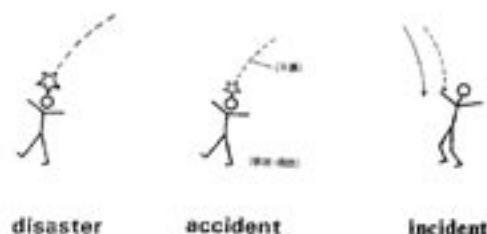


図3 災害と事故類のイメージ図

2.4 位置エネルギーの視点からのハザード、危害とリスク

阿久津²³はハザードと危害の類型化の中で、ハザードとはリスクを起こす原因であり危険性(有害性)の原因(有害性)、つまりリスク構成要素²⁴と説明している。これに基づき、化学プラントの設備構造に起因する作業条件的ハザードを3種類(位置エネルギー、運動エネルギー、生存条件(酸素、毒性ガス等))に分類し、さらには位置エネルギーにより引き起こされる事故・災害の程度を明確に区別²⁵している。これを参考にして、アクシデント、インシデント、ヒヤリ、ハットの区別をイメージ図として図4に示す。

図4と図3より、例えば、質量100kgの鉄板が地面に置いてある場合は、その高低差は1~3cmであり、滑った、転んだ、つまづいた程度の小事故(incident)にしかならない。

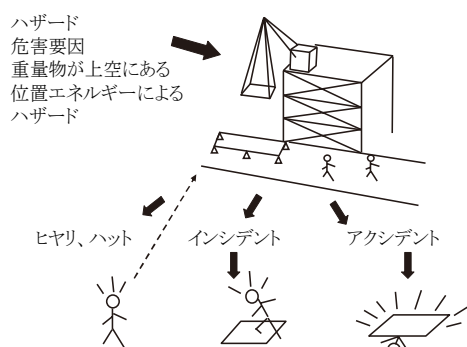


図4 位置エネルギーによる事故・災害程度の区別

しかし、この質量 100kg の鉄板がいったん高さ 10m までクレーンによって吊り上げられた場合には、

$$100_{(kg)} \times g \times 10_{(m)} = 980_{(Nm)} \text{ のポテンシャル(位置)エネルギーとなり、}$$

眼下を行き交う通行人にとっては危険なハザードとなる。つまり通行人の立場から見ると、大きなリスクとなる。アクシデントは 980 Nm のポテンシャル(位置)エネルギーを有する鉄板が落下し眼下の通行人を直撃し、重傷あるいは死亡事故・災害を伴った大事故(災害)が発生した場合である。インシデントは通行人のそばに落下し、無傷あるいはかすり傷程度、あるいは落ちた鉄板につまずいて擦り傷を負ったような小事故の場合と地面に置いてある鉄板につまずいた、滑った、転んだ程度の小事故の場合の2種類がある。ヒヤリ、ハットについては、通行人が鉄板を見上げた瞬間に「危ない」と感じ、ヒヤリあるいはハットした場合といえる。

2.5 リスクにおける感性、理解、認知

感性は英語で a sense、sensitivity、sensitivity と訳¹²⁾され、sense⁶⁾には、①生理的に反応する感覚と、②感覚されたものに対する理解を頭脳で生み出す知的反応としての認識等がある。sense からの派生語²²⁾としての sensible は分別があることを、また sensitive は敏感であることがイメージされる。一方 sensitivity の方は印象や影響に敏感繊細に反応する感覚能力(感性)であり、sensitivity の方は心理学において感受性¹³⁾を意味する。認知科学において、感性の英訳は kansei²³⁾ そのものであり、対象に対して抱いた印象を受け入れる能力、つまりどのような印象を抱いたのかを意識できることであり、その内容は単なる知覚・感覚的なものから、認知的さらには感情や評価や動機等を含むものまでがある。リスク分野においてのリスク感性は、人間の行動や企業の活動が常にリスクと同居している事実に着目し、理屈抜きでリスクを感じ取る能力といわれている。したがって、この経営学上のリスク感性の欠如(lack of risk sensibility)とは、感受性、才覚、直感、決断、瞬間的意思決定力の不足を意味してい

る。哲学的に感性は、「感受性(sensibility): 様々な印象を感じ取る能力」と定義²⁴⁾され、①受動性ないし諸感覚を受取る能力(知覚する能力としての感覚)と、②諸感情や諸情動を受取る性向(情感性である感情の一形式)の2種類の意味であると厳密に区別して使用されている。中村雄二郎²⁵⁾は「感性の覚醒」のなかで、感受態と共通感覚から感性を論考している。

理解は英語⁶⁾で understand と訳され、もともと情報等は頭の中には無く、意味や情報を知って自分のものとして頭の中に入れることを意味している。またこの理解には、①意味(理論・知識等)の納得には努力がいるが、②情報はまるごと受動的に得られるので獲得に努力はいらないという2種類のイメージと場合が含まれる。語源的に understand は「〜の下に立つ」であり、明瞭で正確な印象を受け入れ心に銘記する力を発揮する「心に近づく」の意味⁸⁾がある。

一方、認知は cognition と英訳され、認知言語学において、「生得的・経験的であるかどうかにかかわらず、獲得した知識や能力を基盤に、入力情報を自分の必要に応じて選択的に受容・処理し、利用して、さらに新たな知識として蓄える能動的かつ主体的な高次の情報処理の活動」と定義²⁶⁾されている。これらに基づき、今後、リスク、ハザード、リスクマネジメント等を比喩的線画で説明する前後のデータ収集調査をリスク理解度調査とし、このリスク理解度のデータ・情報等を解析・加工・評価等して得られた理解度変化をリスク認知度と区別して用いることとする。

3. リスク理解度調査

3.1 危機管理学部学生のリスク理解度調査

2004 年 12 月に危機管理システム学科 1 年次生(1 期生)の科目である教養ゼミナールⅡの科目において、「化学業界における総合危機管理の取組み」を講義した際に、リスク理解度についてアンケート調査を行なった。このアンケート調査の自由意見欄のなかに数人の学生の意見として、比喩的線画を使った説明によりリスク等がよく理解できたとのコメントがあったため、2007 年度から 1 年次生及び 3 年次生の授業中に、リスク認知度の向上のための調査を行なっている。

3.2 リスク理解度調査対象と方法

3.2.1 リスク理解度調査対象者と実施日

本学危機管理学部学生を対象として、2007 年 4 月から 2008 年 6 月にかけて、授業中にリスク、ハザード、マネジメント等を比喩的線画により説明し、リスク理解度の向上について記名式の質問紙法によるアンケート調査を実施した。調査対象者と実施日を表 1 に示す。全回答者は 338 名(リスク向上度有効人数 309 名)である。

表1 リスク理解度調査対象者と実施日

番号	所属	学年(期生)	回答者数	実施時期
①	危機管理システム学科	3年次生(1期生)	38	2007年4月13日
②	環境安全システム学科	3年次生(1期生)	66	2007年4月24日
③	危機管理システム学科	1年次生(1期生)	71	2007年5月11日
④	危機管理システム学科	3年次生(1期生)	14	2008年4月11日
⑤	環境安全システム学科	3年次生(1期生)	32	2008年4月15日
⑥	危機管理システム学科	1年次生(1期生)	73	2008年4月25日

3.2.2 リスク理解度調査方法

危機管理あるいはリスクマネジメントに関する講義等の教育を受けることによるリスク理解状況の把握のため、まず質問紙法によるアンケート調査を行なった。続いて比喩的線画を提示しながら、約15分間説明を行なうことによるリスク理解の向上度合いについてアンケート調査を行なった。

最初の、①言語によるリスク定義のみの説明によるリスク理解をここでは比喩的線画説明前リスク理解度とし、約15分間の、②比喩的線画による説明を受けた後のリスク理解を比喩的線画説明後リスク理解度とした。また、各人の比喩的線画説明前のリスク理解度を100%と仮定してもらい、比喩的線画説明後のリスク理解度を $100 + \alpha = \beta$ (%) として β の値を記入してもらう(同じ場合は100%となる、理解度が2倍の場合は200%となる) ことにより、リスク理解の向上であるリスク認知度向上率を算出した。

3.3 リスク理解度調査内容

3.3.1 言語による定義のみの説明

2.1節のリスク、ハザードの中で、図5aを提示せずISOの定義等による言語のみによる(論理的、左脳的)説明を行ない、またリスクマネジメントに関しても図5fを提示せず言語のみによる説明を行なった。この直後、①全く理解できない、②少ししか理解できない、③ある程度理解できる、④かなり理解できる、⑤とてもよく理解できる、の5段階評価アンケート方式で、リスク、ハザード、リスクマネジメントに関して正しく理解しているかどうかの比喩的線画説明前理解度に関する調査を行なった。

3.3.2 比喩的線画による説明

次に、リスク、ハザード、リスクマネジメントに関する比喩的線画による概念説明として、順次、図5a～図5fを提示しながら、リスクを起こす原因となるハザードをライオンに喩え、さらにこの比喩(ひゆ)されたハザードであるライオンに対峙(たいじ)する受け手(receptor)を赤ん坊とすることにより、この両者の関係および距離を線画で表現した図解を用い詳細な説明を行なった。図5a～図5fを下記に示す(図5aと図5fは再掲)。

a) 図5aの説明:

2.1節で説明した内容を基にして、リスク(risk:危険性)とハザード(hazard:有害性;危険性の原因)を説明



図5a リスクとハザードの概念の比喩図



図5b ハザードを変化させた場合(その1)



図5c ハザードを変化させた場合(その2)



図5d ハザードの受け手を変化させた場合(古代)



図5e ハザードの受け手を変化させた場合(現代)

目的

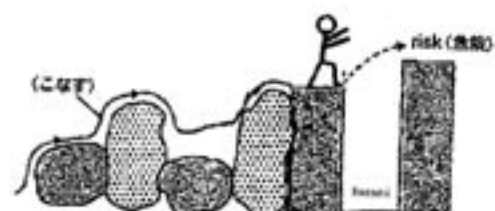


図5f リスクマネジメントの概念図

し、さらに下記に示す過去の事故事例を追加して説明した。

過去の事故事例：

ライオン²⁷⁾ (危険動物)の事例として、19 世紀末アフリカのケニアにおいてウガンダ鉄道建設工事中、インド人工夫が草原に生息しているライオンに襲われ 28 人が死亡した事例、及びタンガニーカのミキンダニにいたライオンが現地人 380 人を殺した事例、並びに日本においてもペットのライオンに飼い主がかみ殺された事例、及び 21 世紀に入ってから 2003 年にサファリパークでライオンに襲われ死亡した事例、さらにはトラの事例²⁸⁾として 2008 年 6 月 7 日に京都市動物園において飼育員がトラに襲われ死亡した事故例等を説明することにより、リスク及びハザードを身近なものとして認識させた。

b) 図 5b の説明：

図 5a のハザードであるライオンの種類や状況を多様に変化させ、さらに両者の距離を変化させ、ハザードの受け手のリスクレベルを変化させた説明の中の一つとして図 5b に示すように、猛猛なライオンを保護柵の中に入れておけば、受け手のリスクが削減(低減)されることを説明した。具体例として、製造現場における装置・システムの安全対策の場合における多重防護策がこれに相当する。また、ハザードであるライオンが有害な化学物質の場合には、受け手の赤ん坊に保護具等の保護措置を講ずることにより、ハザードである有害な化学物質の暴露を減少させることができること等、暴露レベルを制御することの重要性を説明した。

c) 図 5c の説明：

図 5c も、図 5a のハザードであるライオンの種類や状況を多様に変化させ、さらに両者の距離を変化させ、ハザードの受け手のリスクレベルを変化させた説明の中の一つとして、ハザードとして捉えたライオンがぬいぐるみの場合には、赤ん坊にとってライオンはおもちゃとみなせるから、むしろ赤ん坊にとって好ましいチャンスとしての対象になることを説明した。

d) 図 5d の説明：

図 5a で比喩されたハザードであるライオンに対峙する受け手を赤ん坊から、古代のコロシムにいる戦士に変化させることによりハザードと受け手の場面と距離及び時間を各々変化させ、イメージを時空的認識レベルまで高めてリスクを理解させた。

e) 図 5e の説明：

図 5e は図 5d の古代の戦士から現代のハンターにハザードの受け手を変化させることによってリスクレベルは変化することを説明した図である。図 5d の古代の戦士と較べて、鉄砲(道具・手法)により距離を遠くすることが出来る

こと及び受け手の方がハザードよりも破壊力が格段に増大することにより受け手のリスクが減少すること、並びにハザードと比喩されたライオンにとってむしろ現代のハンターの方がハザードとなる立場(受け手)の逆転現象が生じることを説明した。

f) 図 5f の説明：

2.1 節で説明した内容を基にして、リスクマネジメントを解説した。

3.3.3 理解に役立った比喩的線画の選択とリスク認知度向上率の算出

リスク、ハザード、リスクマネジメントを理解するうえにおいて、図 5a～図 5f の中から第 1 位と第 2 位に該当する比喩的線画を各々一つ選択させ、集計した。

続いて、各人の比喩的線画説明前のリスク理解度と 3.3.2 節の比喩的線画による説明後のリスク理解度とから、リスク理解度向上の数値(β の値)を記入してもらった。この比喩的線画説明によるリスク理解度の向上を各人のリスク認知度向上率とし、これに基づき全体のリスク認知度を算出した。

3.4 リスク理解度の調査結果と考察

3.4.1 危機管理システム学科 3 年次生のリスク理解度調査結果

危機管理システム学科 3 年次生(2 期生) 30 名(有効回答数 25 名)のリスク理解度調査結果を下記に示す。

1) 比喩的線画説明前後のリスク、ハザード、リスクマネジメント理解度の比較

図 6～図 11 に、図 5a～図 5f を用いた比喩的線画説明の前後のリスク、ハザード、リスクマネジメント理解度を各々示す。

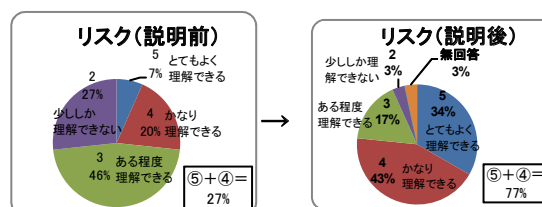


図 6 リスク理解度(比喩的線画説明前)(左図)

図 7 リスク理解度(比喩的線画説明後)(右図)

図 6 と図 7 より、リスクに関して、⑤(とてもよく理解できる)と④(かなり理解できる)の合計値(よく理解できる割合とする)は比喩的線画説明を行なうことにより 27%→77%(50%増加)へ調査対象者のほぼ 80%の人がリスクを理

解・認知・認識したことが明らかとなった。

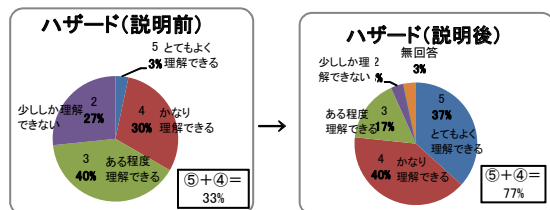


図8 ハザード理解度(比喩的線画説明前)(左図)

図9 ハザード理解度(比喩的線画説明後)(右図)

図8と図9より、ハザードに関して、⑤(とてもよく理解できる)と④(かなり理解できる)の合計値(よく理解できる割合)は比喩的線画説明を行なうことにより 33%→77%(44%増加)へ対象者のほぼ80%の人がハザードを理解・認知・認識したことが明らかになった。

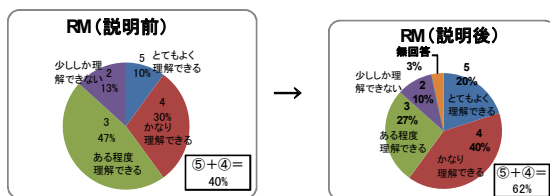


図10 リスクマネジメント(RM)理解度(比喩的線画説明前)(左図)

図11 リスクマネジメント(RM)理解度(比喩的線画説明後)(右図)

図10と図11より、リスクマネジメントに関して、⑤(とてもよく理解できる)と④(かなり理解できる)の合計値(よく理解できる割合)は比喩的線画説明を行なうことにより 40%→62%へ 22%(対象者の1/4から1/5の人)がリスクの理解・認知・認識が向上したことが分かった。危機管理システム学科3年次生(2期生)の比喩的線画説明前でのリスクマネジメント理解度が40%であることは、危機管理システム学科の科目履修により、リスクマネジメントを比較的良好に学習しているためと考えられる。

調査結果から、リスクとハザードの場合には約半数の人にとって比喩的線画説明により理解度が向上したことが明らかとなったが、リスクマネジメントの場合には理解度の向上割合が22%と低い結果を示していた。これは比喩的線画説明前のリスクマネジメントの理解度が40%と比較的高かったことの影響も考えられるが、比喩的線画説明後の絶対値62%の理解度はリスクやハザードの約80%と較べて低いため、リスク全体を理解し、しかも各論も理解するための学習が今後も継続的に必要であることを示している。

参考のため、化学系製造業における様々な技術経営上のリスクを俯瞰的かつ総合的リスクマネジメントの視座から

捉えた全体像を図12に示す。具体的に事業所(サイト)内においては、①化学物質及び製造装置等における安全・環境・品質・社会的責任への対応、さらには②事業所外への情報公開・コミュニケーションとしての透明性・明確性・誠実な対応からなる総合的技術リスクマネジメントが重要であることを示している。人材教育のなかでリスク教育を充実させるためには、三層構造²⁹⁾を参考にし、①対人関係能力(自己の捉え方、他者との関わり方)をベースに、②基礎・基本学習、③応用力(問題解決力)の充実が求められるので、これを図13に示す。

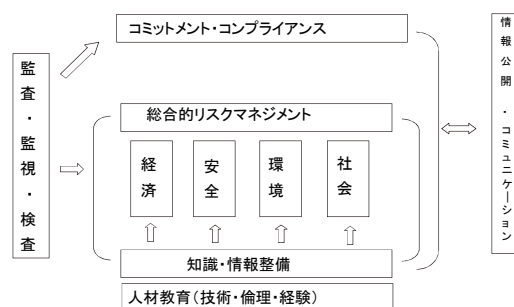


図12 総合的技術リスクマネジメントの全体像

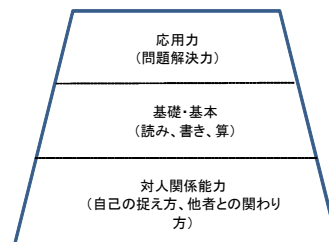


図13 リスクを学ぶための三層構造

2) 比喩的線画説明前後のリスク、ハザード、リスクマネジメント理解に有効線画の比較

図14～図19にリスク、ハザード、リスクマネジメント(RM)の理解に有効な線画の1位と2位を各々示す。

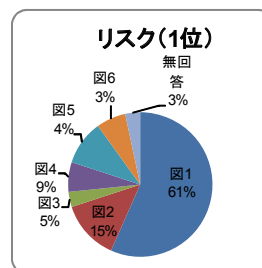


図14 リスク理解に有効な比喩的線画(1位)(左図)

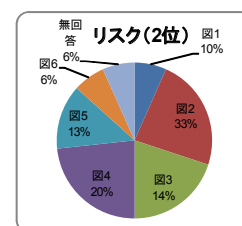


図15 リスク理解に有効な比喩的線画(2位)(右図)

図 14 と図 15 より、調査対象者である危機管理システム学科 3 年次生(2 期生)の半数以上の人々が、リスクの理解に有効な比喩的線画として図 5a(リスクとハザードの概念の比喩図)を選択していたことが明らかとなった。

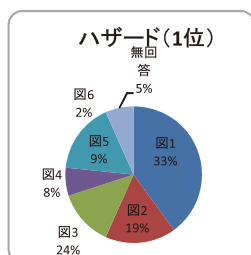


図 16 ハザード理解に有効な比喩的線画(1位)(左図)

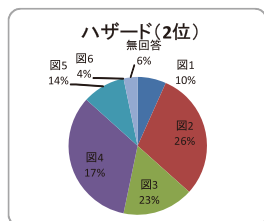


図 17 ハザード理解に有効な比喩的線画(2位)(右図)

ハザードの場合には図 16 と図 17 より、有効な比喩的線画としては図 5a が多いものの図 5b、図 5c、図 5d、図 5e に選択が分散していることが分かった。

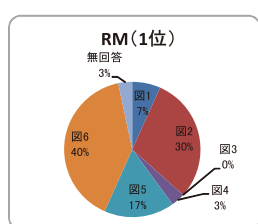


図 18 リスクマネジメント(RM)理解に有効な比喩的線画(1位)(左図)

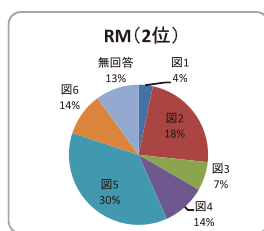


図 19 リスクマネジメント(RM)理解に有効な比喩的線画(2位)(右図)

リスクマネジメント理解に関しては、有効な比喩的線画は図 5f であることが確認できた。また、受け手のリスクを削減(低減)するため、ハザードの安全対策(多重防護策や保護措置等)によりリスクレベルを変化させた説明である図 5b もマネジメントの観点から、かなり選択されていたことも分かった。

3) 比喩的線画説明前後のリスク認知度向上率

調査対象者である危機管理システム学科 3 年次生(2 期生)各人に、比喩的線画説明前のリスク理解度を 100%と仮定してもらい、比喩的線画説明後のリスク理解度を $100 + \alpha = \beta$ (%)とした場合の β の値を記入してもらい、リスク理解の向上であるリスク認知度向上率を算出した結果を図 20 に示す。

図 20 より、比喩的線画説明の前後でリスク認知度向上率は平均値で $100\% \rightarrow 217.2\%$ へ2倍以上向上していることが

分かった。

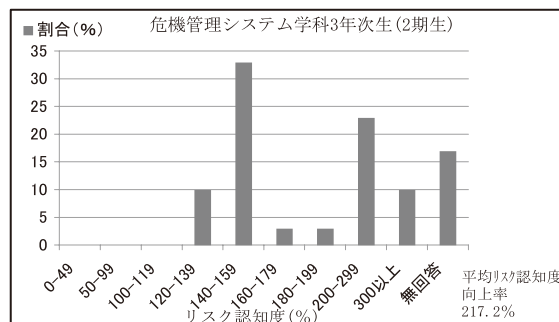


図 20 リスク認知度向上率

3.4.2 危機管理学部学生のリスク理解度調査結果と考察

危機管理学部学生のリスク理解度調査結果を表 2 にまとめて示す。

1) 比喩的線画説明前後でのリスク理解度

リスク理解度に関して、表 2 に示す比喩的線画説明前後における、⑤(とてもよく理解できる)と④(かなり理解できる)の合計値(よく理解できる割合)の比較から、危機管理システム学科 3 年次生(2 期生)の場合 $27\% \rightarrow 77\%$ へと約 80%の学生が理解(50%増加)するのに対し、環境安全システム学科 3 年次生(2 期生)では $22\% \rightarrow 40\%$ へと約 20%の増加のみであり絶対値も半数以下を示していた。この理由として、説明を聞いてもその背景まで理解するには他の危機管理に関する知識不足があると考えられる。ちなみに危機管理システム学科 3 年次生には危機管理に関する様々な専門科目が用意されているため、理解が速くなったと考えられる。一方、危機管理システム学科 1 年次生(4 期生)の場合 $19\% \rightarrow 49\%$ へと約半数の学生が理解(30%増加)することになり、環境安全システム学科 3 年次生(2 期生)より若干ではあるが理解度が高いことが明らかとなった。これを同程度と見た場合には、危機管理学部入学時は常識(一般的言語)により約 20%の学生はリスクに対し理解することができるが、3 年次生の学科比較より、環境安全システム学科ではリスクの理解が入学時の状態のままであるのに対し、危機管理システム学科では危機管理教育の充実により、リスク理解のための素地が養成・熟成されたことを示している。

2) 比喩的線画説明前後でのハザード理解度

ハザード理解度に関して、表 2 に示す比喩的線画説明前後における、⑤(とてもよく理解できる)と④(かなり理解できる)の合計値(よく理解できる割合)の比較から、危機管理システム学科 3 年次生(2 期生)の場合 $33\% \rightarrow 77\%$ へと約 80%の学生が理解(44%増加)するのに対し、環境安全システム学科 3 年次生(2 期生)では $20\% \rightarrow 40\%$ へと 20%の増加のみであり絶対値も半数以下を示し、この数値はリスクの場合とほぼ同じ傾向であった。

表2 リスク等の理解度

調査対象者				理解度(%)						
所属学科	学年(期生)	項目	説明前後	①	②	③	④	⑤	⑤+④合計	
				全く理解 できない	少ししか 理解でき	ある程度 理解でき	かなり理 解できる	とてもよく 理解できる	とてもよく+ かなり理解で	無回答
危機管理システム	3年次生(2期生)	リスク	説明前	0	27	46	20	7	27	0
			説明後	0	3	17	44	33	77	3
		ハザード	説明前	0	27	40	30	3	33	0
			説明後	0	3	17	40	37	77	3
		リスクマネジメント	説明前	0	13	47	30	10	40	0
			説明後	0	10	27	40	20	60	3
環境安全システム	3年次生(2期生)	リスク	説明前	1	23	54	18	4	22	0
			説明後	1	7	47	31	9	40	5
		ハザード	説明前	5	19	56	16	4	20	0
			説明後	0	10	46	31	9	40	4
		リスクマネジメント	説明前	2	16	52	22	8	31	0
			説明後	0	13	54	24	5	30	4
危機管理システム	1年次生(4期生)	リスク	説明前	0	33	47	16	3	19	1
			説明後	0	12	38	36	13	49	3
		ハザード	説明前	12	33	41	13	1	14	0
			説明後	0	16	32	38	13	51	4
		リスクマネジメント	説明前	3	18	55	20	3	23	1
			説明後	1	11	43	31	11	42	3
危機管理システム	3年次生(3期生)	リスク	説明前	0	21	51	21	7	28	0
			説明後	0	0	14	50	36	86	0
		ハザード	説明前	7	21	44	14	14	28	0
			説明後	0	7	14	29	50	77	0
		リスクマネジメント	説明前	7	14	36	29	14	43	0
			説明後	0	0	43	43	14	57	0
環境安全システム	3年次生(3期生)	リスク	説明前	2	25	48	21	4	25	0
			説明後	0	12	31	36	19	55	2
		ハザード	説明前	4	27	53	10	6	16	0
			説明後	0	12	27	36	23	59	2
		リスクマネジメント	説明前	6	23	40	25	6	31	0
			説明後	4	17	33	29	13	42	4
危機管理システム	1年次生(5期生)	リスク	説明前	0	16	62	18	3	21	1
			説明後	0	5	38	39	15	54	3
		ハザード	説明前	4	41	43	11	0	11	1
			説明後	0	8	34	40	14	54	4
		リスクマネジメント	説明前	3	18	54	21	3	24	1
			説明後	0	5	43	34	14	48	4

一方、危機管理システム学科1年次生(4期生)の場合14%→51%へと約半数の学生が理解(37%増加)するようになり、環境安全システム学科3年次生(2期生)よりハザードに対する理解の程度が高いことが明らかとなった。

3) 比喩的線画説明前後でのリスクマネジメント理解度

リスクマネジメント理解度に関して、表2に示す比喩的線画説明前後における、⑤(とてもよく理解できる)と④(かなり理解できる)の合計値(よく理解できる割合)の比較から、危機管理システム学科3年次生(2期生)の場合40%→60%へと60%の学生が理解(20%増加)するのに対し、環境安全システム学科3年次生(2期生)では31%→30%となり理解度向上は認められなかった。一方、危機管理システム学科1年次生(4期生)の場合23%→42%へと理解度が向上(約20%増加)していた。これは危機管理システム学科3年次生(2期生)の理解度向上と同じ傾向であり、学習意欲の高さを示していた。

4) リスク、ハザード、リスクマネジメント理解に有効な比喩的線画

危機管理学部学生にとってリスク、ハザード、リスクマネジメントを理解するのに有効な線画をまとめて表3に示す。

リスク理解に有効な比喩的線画に関しては表3より、どの年次の学科の対象学生とも1位に図5aを、2位に図5bを選択している。

ハザードの場合は表3より、どの年次の学科の対象学生とも1位に図5aを選択している、一方2位には大部分は図5bを選択しているものの危機管理システム学科3年次生(3期生 R06R)のみ図5cを選択していた。この理由として、調査対象者が14名と少なかったことが考えられる。

リスクマネジメントの場合は表3より、どの年次の学科の対象学生とも1位に図5fを、2位に図5eを選択していた。この理由として、図5fはそもそもリスクマネジメントの説明用であるから当然としても、図5eの場合には3.3.2節の図5eの説明から理解されるように、ハザードとリスクが逆転・変化することがマネジメントにおける環境変化に

表3 リスク等の理解に有効線画

調査対象者		項目	有効な線画	
所属学科	学年(期生)		1位 (%)	2位 (%)
危機管理システム	3年次生(2期生)	リスク	図5a	図5b
			61	33
		ハザード	図5a	図5b
			33	26
		リスクマネジメント	図5f	図5e
			45	30
危機管理システム	3年次生(3期生)	リスク	図5a	図5b
			72	37
		ハザード	図5a	図5c
			35	44
		リスクマネジメント	図5f	図5bと図5e
			72	36, 36
危機管理システム	1年次生(4期生)	リスク	図5a	図5b
			61	31
		ハザード	図5a	図5b
			33	26
		リスクマネジメント	図5f	図5b
			45	30
危機管理システム	1年次生(5期生)	リスク	図5a	図5b
			61	31
		ハザード	図5a	図5b
			33	26
		リスクマネジメント	図5f	図5b
			45	30
環境安全システム	3年次生(2期生)	リスク	図5a	図5b
			61	31
		ハザード	図5a	図5b
			33	26
		リスクマネジメント	図5f	図5e
			45	30
環境安全システム	3年次生(3期生)	リスク	図5a	図5b
			61	31
		ハザード	図5a	図5b
			33	26
		リスクマネジメント	図5f	図5e
			45	30

よるリスクを連想させるため、リスクマネジメントの理解に役立ったことを示している。

5) 比喩的線画説明前後のリスク認知度向上率

危機管理学部の各学科学生のリスク認知度向上率をまとめて表4に示す。

表4 リスク認知度向上率

調査対象者			リスク認知度向上率 (%)										平均向上率	順位
所属学科	学年(期生)	回答者数	0-49	50-99	100-119	120-139	140-159	160-179	180-199	200-299	300以上	無回答		
危機管理システム	3年次生(2期生)	30	0	0	0	10	33	3	3	23	10	17	217.2	①
危機管理システム	3年次生(3期生)	14	0	0	0	21	43	21	7	0	7	0	167.1	②
危機管理システム	1年次生(4期生)	71	3	7	8	13	24	13	7	10	1	14	146	⑥
危機管理システム	1年次生(5期生)	73	3	5	5	11	37	8	4	8	3	15	158.2	④
環境安全システム	3年次生(2期生)	98	0	1	21	22	36	4	4	7	2	2	149	⑤
環境安全システム	3年次生(3期生)	52	2	8	6	21	33	13	4	10	2	2	162.9	③
危機管理学部													159.1	

表4に示すように、危機管理学部全体の平均リスク認知度向上率が159.1%となったことから、約15分間の比喩的線画提示による説明がリスク理解の向上に対し、かなり効果的であることが検証された。

また、リスク認知度向上率の順位は、1位が危機管理システム学科3年次生(2期生)の217.2%、2位は危機管理システム学科3年次生(3期生)167.2%、3位は環境安全システム学科3年次生(3期生)162.9%となり、ここまではリス

ク認知度が平均より高いことが明らかとなった。続いて4位は危機管理システム学科1年次生(5期生)158.2%、5位は環境安全システム学科3年次生(2期生)146%、6位の最下位は危機管理システム学科1年次生(4期生)145%であった。これから、危機管理システム学科3年次生のリスク認知度向上率が特に高いことについては、3.4.2節で考察したように3年次生には危機管理に関する様々な専門科目が用意されており、今までの学習により獲得した危機管理に関する知識の蓄積量が多く、説明を聞いてもその背景まで理解することが比較的速かつ容易になったことを示している。さらに表4より、教育効果として少人数で行なった方が良いことも読み取れる。

4. リスク、リスクマトリックス、ALARPのリエゾン関係

リスク、リスクマトリックス及びALARP(as low as reasonably practicable: 1974年英国で提案された安全対策のための原則であり、リスクは合理的に実行可能な限り低く抑えるという考え方)³⁰⁾のリエゾン³¹⁾(仏語 liaison: ①(事物・現象間の)結びつき、関連、②(思考などの)脈絡、③(組織内の)連絡等)関係を明確にするため、リスクを少しずつ関連付けながら回転等の操作を施すことによりリスクを見る視座がシフトし、有機的な関係が見えてくることを利用することにより、今回開発した新たなリスク認知法を下記に紹介する。スタートは2.1節で述べたようにリスクが発生確率と被害規模の積になることから出発し、最後はALARPになるまでのI→VIである。なお、I→VIの逆コースも可能であるためI⇔VIはリバーシブルな関係といえる。

I: リスクの定義より

リスク=発生確率×被害規模
(risk=probability×severity)

II: リスクをx軸(被害規模)とy軸(発生確率)のリスク図

※(リスクマトリックス、リスク評価フレームともいう)で表現する。リスク値は両者の積としてフレーム(カテゴリー)化される。例えば、2X2フレーム化では図21のA、B、C、Dの4つに分割される。

図21のABCDの4つの領域³²⁾をリスクの対策の4手法である削減(低減の場合もある)、回避、移転、保有から説明すると、A領域はリスクが顕在化した場合に、被害規模も発生確率も大きく、最優先でこれらの削減対策を実施すべき領域である。B領域は発生確率が低いもののリスクが顕在化した場合の被害規模が大きくなるため削減対策はC領域より優先すべき領域となり、発生確率がある一定の値以下においてはリスクを保有することや、保険等により移転を行なうことができる領域である。C領域は日常的に経験するように発生確率は高いが被害規模が小さい、小事故、ヒヤリ、ハットが起きている領域であり、被害規模がある

一定の値より小さければリスクを保有することができる領域である。D領域は組織としてそのリスクを受容してもよい領域であり、このリスクには残留リスクが含まれる。

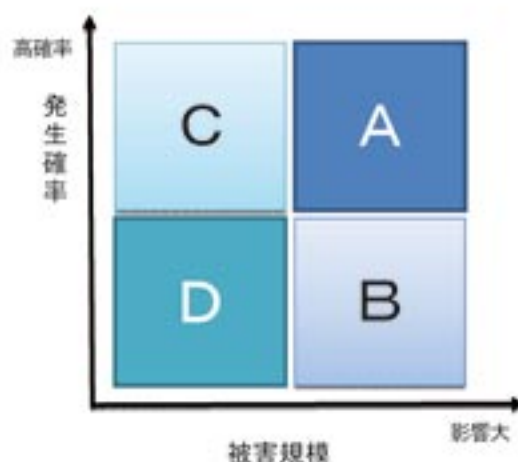


図21 リスク図(2X2フレーム)

III: リスク図の見方とリスク対処の考え方

図21のリスク対処方法(リスク削減(低減)、保有、回避、移転)³³⁾から見た場合、各領域のリスク特徴からリスクを削

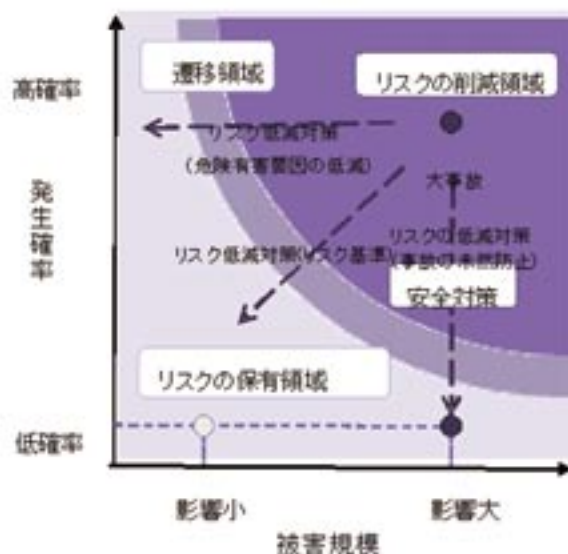


図22 リスク図の見方と対処の考え

減すべき(潜在的危険性の高い)領域はA領域並びにBの右上部分及びCの右上部分であること、及びリスク値(x軸(被害規模)とy軸(発生確率)の積)が等価な範囲とから、リスク削減領域、遷移領域、リスク保有領域を分ける曲線は図22に示すように直角双曲線となることが理解される。

IV: 図22を左方向に45度リエゾン回転

図22におけるリスクの見方をシフトし視座を変えるた

め、図 22 を 45 度左方向に回転させると図 23 が得られる。

図 23 より、2 本の直角双曲線で囲まれた領域は遷移領域であり、これが後述の ALARP 領域となる。リスク発生現象を一般的な自然現象として捉え、発生確率を対数とした場合には、この直角双曲線は片対数でほぼ直線近似が出来る(両対数では右下がりの直線)ので、この操作を施したものを、次に示す。なお、2 本の直角双曲線で囲まれた遷移領域は、リスク低減対策の場合のリスク基準(高レベル、低レベル)とみなすことができる。

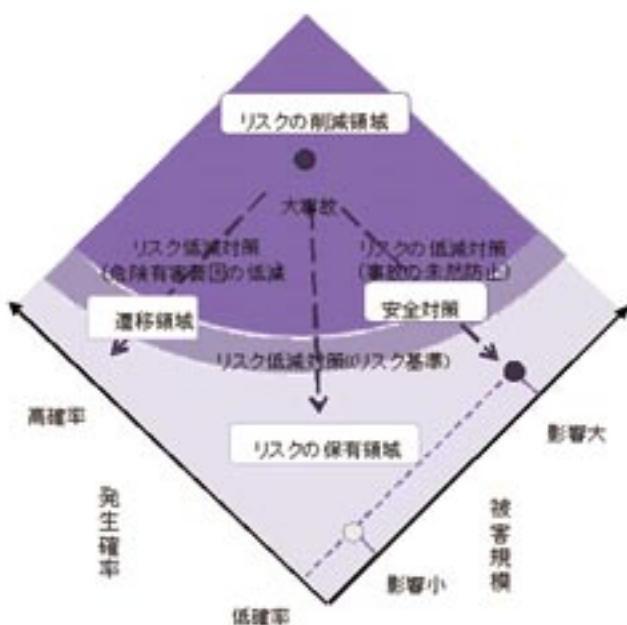


図 23 リスク図(45° 左回転)

V：領域をリスク基準により三分割

図 23 の 2 本の直角双曲線を片対数化により直線近似し、リスク削減領域の上部は受容できない領域とし、リスク低減対策の遷移領域を中間部として ALARP(as low as reasonably practicable) 領域と表現し、下部はリスク保有領域を広く受容可能な領域としたリスク図^{3,4,30)}を図 24 に示す。



図 24 リスク図(三領域に分割と ALARP 領域)

VI：ALARP 表現

図 24 の x 軸(被害規模)と y 軸(発生確率)の角度を 90 度から約 30 度に狭めた場合が ALARP(as low as reasonably practicable)に相当するので、この risk chart (ALARP)³¹⁾を図 25 に示す。

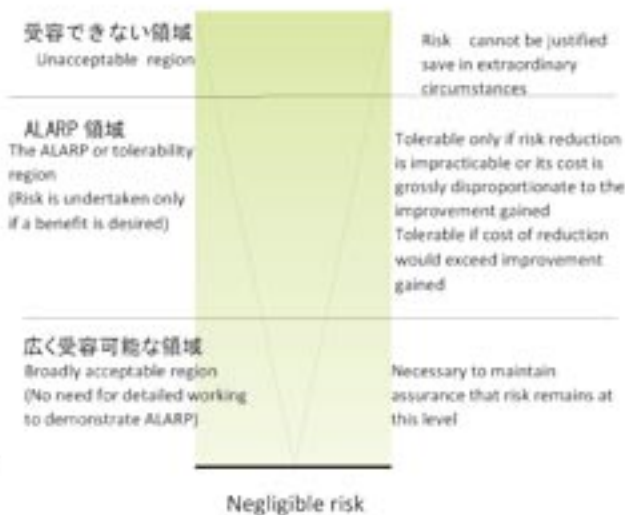


図 25 risk chart (ALARP)

図 25 の中で、左上段は unacceptable region (訳：受容できない領域)を、左中段は the ALARP or tolerability region(Risk is undertaken only if a benefit is desired) (訳：ALARP 領域、あるいは許容(我慢)できる領域であり、利益が得られる場合のみリスクを受け入れる)を、左下段は broadly acceptable region(No need for detailed working to demonstrate ALARP) (訳：広く受容可能な領域であり、ALARP を証明するために詳細な仕事は必要とされない)を、右上段は risk cannot be justified save in extraordinary circumstances (訳：異常な状況下以外ではリスクは正当化されない)を、右中段は tolerable only if risk reduction is impracticable or its cost is grossly disproportionate to the improvement gained. Tolerable if cost of reduction would exceed improvement gained (訳：これ以上のリスク低減が実際的でない場合にのみ許容(我慢)される。あるいはリスク低減のためのコストが、得られる改善に比べて不相応にかかるときにのみ許容(我慢)される)を、右下段は necessary to maintain assurance that risk remains at this level. (訳：リスクがこのレベルに留まっていることを確認し続ける必要がある)を、真中の下は negligible risk(訳：無視してよいリスク)を各々表している。

なお、上記に示す I (リスクの定義)→VI(ALARP)までのリエゾン関係は、I⇔VIはリハーシブルなリエゾン関係である。

次に、I→VIのⅡにおいて図 21 の 2X2 のフレームによ

る ABCD の 4 つの領域に分割して簡単な説明を行なったが、実際には防災・安全分野の専門家は通常 5X5 フレームを有する定量的なリスク図を使用しリスク評価を行っているのでこれを参考にして、発生確率の 5 段階レベルとその定義を表 5 に、被害規模の過酷度レベルを 5 段階とし想定される結果の例を表 6 に、リスクレベルと採るべき対処処置を表 7 に示す。また、この発生確率レベルを 5 段階とし被害規模レベルを 5 段階として組み合わせたリスクを 4 段階のレベルで表記した 5X5 リスク評価表を表 8 に示す。

表 5 発生確率の 5 段階レベルとその定義

レベル	発生頻度	定 義
A	頻繁 (frequent)	ライフサイクルで度々何回も起り得る
B	起り得る (probable)	ライフサイクルで数回は考えられる
C	可能性あり (possible)	ライフサイクルで 1 回程度は考えられる
D	起り得ない (improbable)	ライフサイクルで起り得ないと考えられるが、類似被害が 1 回程度考えられる
E	極めて起り難い (highly improbable)	類似を含めて考えても、ライフサイクルで起り得ないと考えられる

表 6 被害規模の過酷度レベルと想定される結果の例

レベル	過酷度	想定される結果
1	破局的 (catastrophic)	複数の死亡、10 人以上の重傷者：100 億円以上の損失
2	危機的 (critical)	1 人の死亡、10 人未満の重傷者：10 億円以上の損失
3	重大 (significant)	軽傷者の発生：1 億円以上の損失、局所的被害
4	軽微 (minor)	ヒヤハット、小事故：100 万円以上の損失、極めて限定的
5	極軽微 (slight)	人的被害は無い：100 万円未満の損失、環境影響なし

表 7 リスクレベルと処置例

リスクランク	リスクレベル	処置例
1	高い	許容(受容)出来ない：リスク削減あるいは回避必要
2	中程度	高度のリスク低減が優先的に必要
3	低い	更なるリスク低減策は必要ないが小規模変更・改善は必要
4	極めて低い	リスク低減策は必要とされない

表 8 5X5 リスク評価表

		リスクレベル				
発生頻度	A	3	2	2	1	1
	B	4	3	2	2	1
	C	4	4	3	2	1
	D	4	4	3	3	2
	E	4	4	4	3	3
		5	4	3	2	1
		被害規模の過酷度				

5. 製造業における防災・安全分野の総合的危機管理者のありべき姿

2007 度の千葉科学大学教育研究である「製造業における防災・安全教育と技術伝承調査」にて報告¹⁾したように、製造業の現場における事故・災害の低減並びに防災技術の向上・充実のためには、①ベテラン技術者・技能者等から若手技術者への世代間技術伝承及び各人の実践的な気づき能力等の感性向上が防災・安全分野において重要であること、②この防災・安全分野のベテラン技術者・技能者等は三脚 (tripod) 型人材であることが好ましいと考えられることを指摘した。

5.1 防災・安全分野の総合的危機管理分野の技術継承

製造業における防災・安全分野の総合的危機管理分野の技術継承のためには、従来の製造現場が有する安全感覚をベースとし自己啓発・訓練・教育等の能力開発のステップに基づき、さらにグレードアップ・ブラッシュアップし、技術プロフェッショナルとしてのあるべき防災・安全分野の総合的危機管理者を育成していく必要がある。この総合的危機管理者をイメージすると、製造現場や本社管理部門等の実践の場において、様々な技能・技術を経験し 4 種類の能力を持ったプロフェッショナルとして三脚型人材 (tripod)¹⁾が理想であることを図 26 に示す。

この三脚型人材の三脚と横棒はそれぞれ、

- ①横棒：社会的視野を有し総合的にリスクをマネジメントできる能力、
- ②縦棒 1：複数のメソッドからなる方法論的能力、
- ③縦棒 2：理論的な科学技術的能力、
- ④縦棒 3：現場経験を有する実践の高度専門応用能力

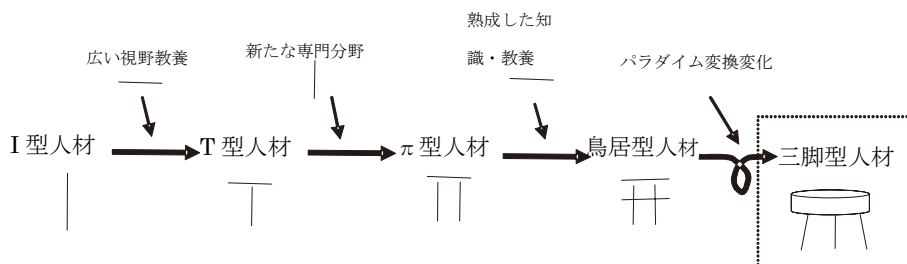


図 26 三脚型総合的危機管理者の能力進化ステップ

等から構成される必要がある。なお、方法的な能力としては法的能力(社会科学)、分析的能力(数理科学)、認知言語学的能力(人文科学)、及び構造化・階層化認識能力等である。

5.2 防災・安全分野の三脚型総合的危機管理者のキャリアライン

図 26 に示した防災・安全分野の三脚(tripod)型総合的危機管理者が有する資格としては、高圧ガス製造保安責任者、ボイラー技士(特級・一級・二級)、労働安全コンサルタント、労働衛生コンサルタント、労働衛生管理者、安全管理士、危険物取扱者、放射線取扱主任者、エネルギー管理士、作業環境測定士、技術士(機械、電気、化学、経営工学、応用理学、総合技術監理等)、中小企業診断士並びにプロジェクトマネジメントプロフェッショナル、プロフェッショナルエンジニア、非破壊試験技術者及び ISO マネジメントシステム等の審査員(ISO9000, ISO14000, OHSAS18000)等であり、できれば横棒及び縦棒に相当する複数の資格を有することが望ましい。これらの資格を防災・安全分野の三脚型総合的危機管理者に当てはめた場合の具体例として、a～e の 5 名を表 9 に示す。

表 9 防災・安全分野の三脚型総合的危機管理者

三脚型人材	横棒	縦棒 1	縦棒 2	縦棒 3
a	労働安全コンサルタント	ISO9000 審査員	大学で化学専攻	高圧ガス製造保安責任者
b	プロジェクトマネジメントプロフェッショナル	OHSAS18000 審査員	大学で機械専攻	高圧ガス製造保安責任者
c	技術士(総合技術監理)	OHSAS18000 審査員	大学で化学専攻	甲種危険物取扱者
d	労働衛生管理者	火薬類取扱保安責任者	大学で安全工学専攻	甲種危険物取扱者
e	技術士(経営工学)	OHSAS18000 主任審査員	大学で機械専攻	ISO9000 主任審査員

表 9 に示す防災・安全分野の三脚型総合的危機管理者 5 名の中から、3 人を選択し 2007 年 8 月～2008 年 6 月にかけて防災安全プロフェッショナルのキャリアラインについて質的研究の方法³²⁾に基づき実践的経験を面談によりヒヤリングし、結果をまとめて典型的モデルとして図 27 に示す。

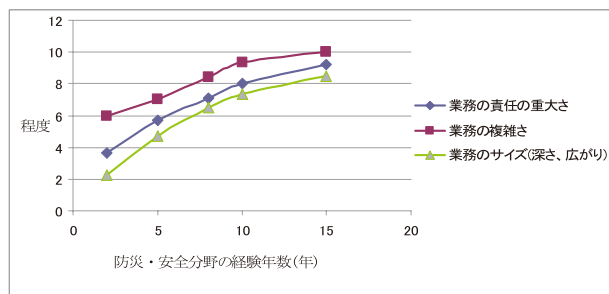


図 27 防災・安全分野の三脚型総合的危機管理者の典型的キャリアライン

図 27 の経験的データより、防災安全プロフェッショナルの業務は、かなり複雑さの程度が高く、一方、業務のサイ

ズ(深さ、広がり)はそれ程高くなく、業務の責任の重大さは中程度であることが明らかとなった。また、同程度のレベルになるためには図 27 の各々の程度から経験年数を読み取ると、業務の複雑さと業務の責任の重大さの差は先行 3～5 年、業務の責任の重大さと業務のサイズの差は先行 2～3 年であった。なお、コンサルタントとして独立している場合には業務の責任の重大さの程度は高く、組織に属している場合には組織としての責任(安全文化に関係)と対応の仕方によってその程度が変化するのである。また防災・安全分野は研究開発や環境の分野と較べて、守備範囲は比較的狭く限定されているが、現場に則した個別の事例・事案ごとに実践的かつきめ細かな対応が求められるため解決までのプロセスが複雑化・個別化する傾向があった。

ヒヤリングの際に、防災・安全分野において社内及び社外プロとして自覚した時の経験年数を聞いたところ、社内プロは 5～10 年、社外プロは 10～20 年の範囲であった。この範囲の差に関して、防災・安全分野に若い時から従事した場合にはプロになるまでの期間が長くなり、別の分野で経験を積んでその分野のプロになり、防災・安全分野に移ってきた場合には防災・安全分野のプロになる期間は短いことが明らかとなった。図 27 と図 26 の関係は、図 26 に示した三脚型総合的危機管理者の能力進化ステップの中で、① I 型人材、② T 型人材、③ π 型人材までは社内プロの範囲であり、④鳥居型人材、及び⑤三脚型人材は社外プロの範囲に該当させてよいことが、ヒヤリング結果から支持された。特に⑤三脚型人材ではリスクマネジメントに基づいたパラダイム変換が必要とされる。このように防災・安全分野における三脚(tripod)型総合的危機管理者の成長までには 10 年以上の地道な努力・実践的経験等が求められていることが明らかとなった。

次に、この典型的キャリアラインを参考にして防災・安全分野における技術継承を考えてみる。まず、防災・安全分野の熟練工・優秀な技術者からの技能・技術、知識・知恵、経験・ノウハウ等をナレッジ・マネジメントの視点から捉えた時に、①形式知、②暗黙知、③個人知、④組織知、⑤埋設知に分類できるので、製造業の防災・安全管理分野における技術伝承では、形式知はもとより、現場における暗黙知と個人知に関わる多様な知及び勘を含む現場感性の習得並びに最新の防災・安全関連法の知識に基づいた業務遂行能力の向上を図る必要がある。指導・コーチングする場合、専門技術知識と関連法知識を総合的にもち、現場における技能・技術を「しみ込み型」により指導・コーチングできる伝承者には、事例・事案ごとに分析し、構造化することにより身に付けた直感的かつ感覚的なコンカンセイ(conkansei)が求められる。この防災・安全管理分野における総合的技術伝承と知の関係を表 10 に示す。

表 10 防災・安全分野における総合的技術伝承と知の関係

技術伝承の種類	知の内容	知の伝承方法
コンテンツ(内容)技術伝承	形式知として内容が主にマニュアル、レポート、手順書等	客観的に伝えることができる
コンテクスト(場、状況)技術伝承	形式知と暗黙知の複合体(文書等と画像、ビデオ化も含む)	客観性と主観的ハイブリットで現場でのコミュニケーション重視
コンカンセイ(勘、感性)技術伝承	暗黙知と個人知の複合体(認知科学的な気づきと勘やプロ感性を重視)	三脚型プロの伝達者が専門知識・実践経験・体系的方法等に基づいて個人的かつ総合的にしめ込み型指導ができるプロコーチ

表 10 より、技術伝承の指導・コーチングを行う指導者のレベルは、①コンテンツ(内容)に基づく技術伝承→②コンテクスト(場、状況)技術伝承→③コンカンセイ(勘、感性)技術伝承へ進化をしていく必要がある。③のコンカンセイ(勘、感性)技術伝承を行なうことができる人材は、図 26 に示す三脚型総合的危機管理者が好ましい。

なお、製造業における防災・安全分野の総合的危機管理分野の技術継承では、地道な能力開発努力により 21 世紀における防災・安全分野のプロフェッショナルである三脚型人材として育成されることにより、防災・安全分野において重要な役割を果たすことができ、これにより所属部署や製造現場さらには周辺地域をはじめ広く社会のステークホルダーから一層の信用を獲得し、信頼性の向上に繋がっていくものと考えられる。

5.3 防災・安全分野の三脚型総合的危機管理者の感性

防災・安全分野における三脚(tripod)型総合的危機管理者の危機管理に対するプロ感性は、図 28 のように認知科学における人間の印象測定論で示される刺激-反応³³⁾及び情報処理過程³⁴⁾で示されている注意マネージャーと同様に、過去の有効な様々な実践的かつ統合された経験等をベースにして、瞬時に反応後の複数の結果を直感的に瞬時に2つか3つのルートとして予測・反応^{35,36)}し、再度総合的かつ俯瞰的に優先順を付け評価・決断³⁷⁾することに役立てられるプロとしての感性まで一部フィードバックする機構を有する三脚型(tripod)プロ感性であり、これは防災・安全に関する事象を認識・行動するための有用なモデルである。

図 28 に示されるように、プロはどのようにして成長・進化するかについて、図 27 に示す防災安全プロフェッショナル

ルへのヒヤリングに基づき考察すると、この三脚型総合的危機管理プロフェッショナルへの進化プロセスとして最適な場合は、各工業界の委員会や国・地方自治体等の公的委員会・研究会・ワーキンググループさらには学協会の委員会・研究会・討論会等の場であり、これらの協調的な技術伝承の場において先輩の複数の三脚型総合的危機管理者であるプロフェッショナルをメンター(mentor)(定義:年長の経験や知識、地位とパワーがある人が、それらを持たない若年の人々のキャリア形成を促進するために、個人的に援助するとき、それをメンターという)⁴²⁾として実践的に学習して行くことが一つの重要なルートであることが分かった。このような、三脚型総合的危機管理者による学協会の委員会等のメンターの場を図 29 に示す。



図 29 三脚型総合的危機管理者によるメンターの場

5.4 大学の危機管理教育と人材育成

大学教育における防災・安全関係の危機管理学は実学であるとの観点に立ち、実践的技術プロフェッショナルである三脚型総合的危機管理者が様々な事故・災害等に対してリスクマネジメントの視点から複数のメソッドからなる方法論を教育・指導し、演習・ボランティア等により体験的に社会的視野及びコミュニケーション能力を獲得するように教育する必要がある。

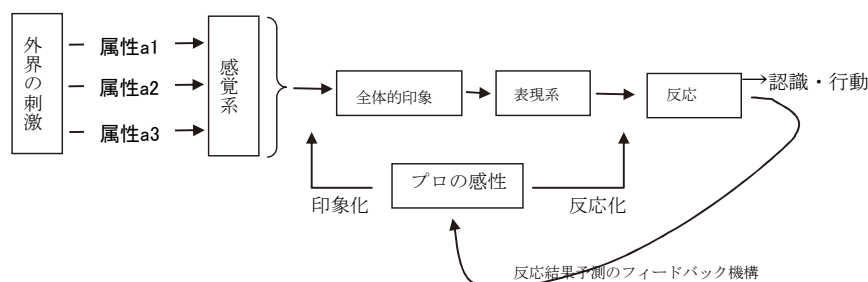


図 28 三脚型総合的危機管理者の刺激-反応モデルの概念図

これらを踏まえ、図 12 の総合的技術リスクマネジメントの全体像及び図 26 に示す三脚型総合的危機管理者の三脚と横棒の 4 種的能力カテゴリーを構築し、内容を充実させるための教育として、対象学生が総合リスクマネジメントをどのように理解・認知・認識し、リスク感性が形成されるかに関して、図 12 を参考にして大学教育としての総合的危機管理分野の典型的な能力開発・進化のイメージの全体像を図 30～図 34 に示す。

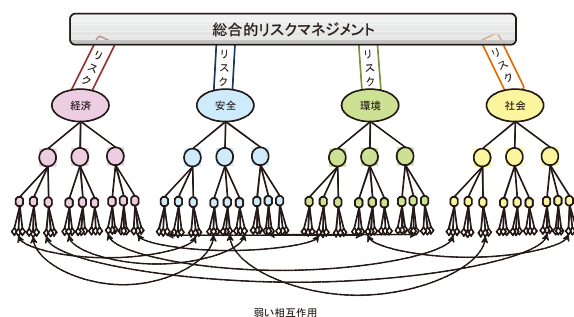
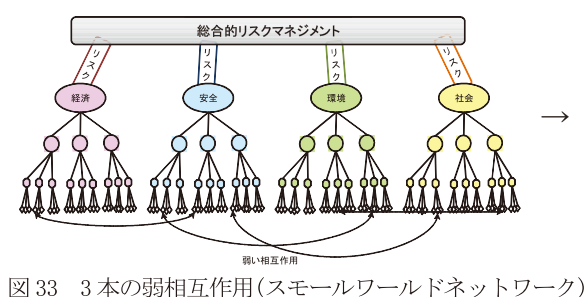
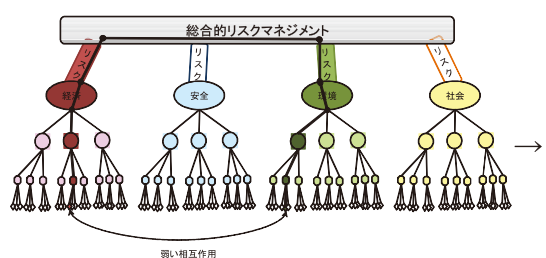
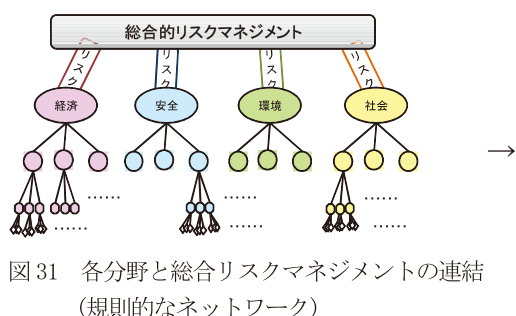
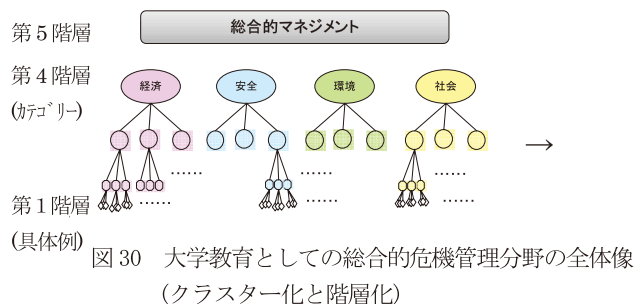


図 34 多数の弱相互作用(ランダムネットワーク)

図 30 の 1 番下位の階層が、大学教育としての総合的危機管理分野の各リスクカテゴリーにおける具体例(事象)であり、上位に上がるに従い、クラスター化により事例がまとめられ構造化され、自分自身の成長あるいは合体成長³⁸⁾により境界が形成され、階層³⁹⁾が上がるに従いリスクの視点が重要になることを示している。しかし、まだ 1 番上位の階層は総合的マネジメントであり、リスクマネジメントに統一されていない状態を示している。別の角度(上から鳥瞰した場合)からの検討として、ネットワーク理論⁴⁰⁾における規則的なネットワークの場合を図 35 に示すと、図 30 の 1 番下具体例(事象)はネットワークのノード(結節点)に相当し、この場合リンクするのは同じリスクカテゴリー内で結ばれていることに限られていることを表している。

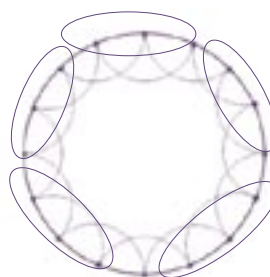


図 35 規則的なネットワーク

図 30 と図 35 により、様々な視点と総合化の両面からの構造化及び階層化を理解することができる。

次のステップとして図 31 は、総合的マネジメントにおいてリスクの認識がなされ総合的リスクマネジメントとなり、各カテゴリー分野がリスク概念で総合的リスクマネジメントと連結し、全体が関連付けられたレベルになったことを示している。続いて図 32 は、例えば経済分野の事象(第 1 階層)と社会分野の現象としての事象が総合的リスクマネジメント(第 5 階層：リスク)を経由し、連結したことを示している。このパスが複数回繰り返すことにより、ジャンピング連結し弱い相互作用のリンクが形成されることが可能となり、図 32 に示すフィードバック機能が身に付くと考

えられる。ネットワークモデル⁴⁰⁾を参考にして考察すると、さらにリスク感性が向上すると図 33(第 1 から第 5 までの階層から見た場合)と図 36(上から鳥瞰した場合)に示すように、3 本の弱い相互作用のリンクが形成されたスモールワールドネットワークとなることを表している。

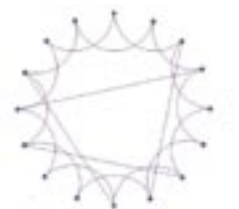


図 36 スモールワールドネット

さらに図 34 と図 37 は弱い相互作用のリンクが多数形成され、ランダムネットワークに近くなると考えられる。



図 37 ランダムネットワーク

これからも理解されるように、大学における危機管理教育として、リスク理解度調査で示したリスク感性の獲得と向上、及びリスク等のリエゾン関係で示したような様々な視点の獲得が重要であることが確認された。

6. まとめと今後の課題

今回、製造現場におけるベテラン技術者・技能者等の人材不足をリスクとして捉え、このリスクを避けるためには製造現場における事故・災害の低減並びに防災技術の向上・充実が重要であり、このような製造現場や技術分野に本学危機管理学部学生がスムーズかつ安心して就職・就業していくためには、学生のリスク認知度を向上させていくための危機管理教育が必要であること、及びこれを担保するため、本大学の危機管理教育において学生もリスクを認知するための感性を高めていくことが強く求められることを述べた。

また、学生に分かり易かつ直感的なイメージを与えるべく実践的に役立つ比喩的線画を用いた図解・イメージ法を開発した。加えて、リスク、リスクマトリックス、ALARP の有機的なリスクシフト関係が見える新しいリスク認知の手法としてのリエゾン回転視座法も開発したので、これらの詳細を提示した。

この開発した比喩的線画を用いた説明により、本学危機管理学部学生のリスク理解度調査を行なったところ、危機管理学部の中では危機管理システム学科 3 年次生のリスク理解度はかなり高いことが明らかとなった。また、リスク認知度向上率調査結果より、比喩的線画を用いたリスク、ハザード、リスクマネジメント等の説明がリスク理解・認知に有効であることも検証できた。

さらに、製造業における防災・安全分野の総合的危機管理者のあるべき姿としての三脚型総合的危機管理者のキャリアラインを調査し、このモデルをベースにし、大学の危機管理教育においてリスク感性の獲得及び向上を目指した手法・方法を図解により示した。あわせて、基本的な危機管理に関する重要語句(キーワード)についても図解を交え解説した。

今後、製造業各社における実践的防災・安全分野における教育の現状と取組み、並びにプロフェッショナルである三脚型人材の能力開発方法及びキャリアパス形成法をさらに調査する予定である。また、リスク認知度向上のため数理科学的定量的な方法及び認知科学的質的研究方法の開発・充実により、多様な事例への解析・適用を考えている。大学教育の場において総合的な危機管理の立場から実践的防災・安全教育の充実及びリスク感性の向上並びに学生の意識啓発に役立て、産業界との連携を計り学生のスムーズな就職支援に繋げていく予定である。

7. 謝辞

本研究で実施したアンケートに協力いただいた各社の専門家並びに千葉科学大学危機管理学部学生の皆さん及び研究室の 4 年次ゼミ生である吉岡千絵さんに感謝する。なお、本研究は千葉科学大学教育研究経費(平成 20 年度)による成果の一部である。

8. 追記

本論文投稿後、(独)理化学研究所・富士通(株)・(社)日本将棋連盟による共同研究の結果が 2008 年 11 月 23 日プレスリリース⁴³⁾された。これによると、プロの将棋棋士が将棋盤面を瞬時に直感的に読み取る場合に直感回路として頭頂葉背内側(けつ前部)が活動することが新たに解明された。このプロの将棋棋士の頭頂葉背内側(けつ前部)活動は我々が経験的に解明し提示した総合的リスクマネジメント能力を有する三脚(tripod)型総合的危機管理者のプロ感性モデルが妥当であることの支持の一つと考えられるので追記する。

引用文献

- 1) 関谷正明、粕川正光、「製造業における防災・安全教育と技術伝承調査-防災・安全意識の調査-」, 千葉科学大学紀要, No. 1, pp. 29-37, 2008.
- 2) 関谷正明、嶋村宗正、「危機管理教訓に関するシミュレ

- ーション-徒然草の現代的解釈-」, 千葉科学大学紀要, No. 2, 2008, 投稿中.
- 3) (社) 日本技術士会、『技術士制度における総合技術監理部門の技術体系』, p. 117, p. 119, p. 120, p. 124, 2001.
- 4) 日本規格協会、『JIS 58-4 リスクマネジメント』, p. 47, p. 260, p. 824, 2005.
- 5) 渡辺浩、「使うための確率論入門 確率とは何かNo. 3」数理科学, p. 69, 2006年9月号.
- 6) 河上道生、政村秀實共著、『図解英語基本語義辞典』, のp. 379 risk と p. 284 management より作成, p. 392, p. 452, 桐原書店, 1989.
- 7) 日本経済新聞(奥村洋彦)、「繰り返される金融危機『不確実性』の分析 不可欠」, 2008年6月26日.
- 8) 斎藤裕蔵、『英語類義語辞典』, p. 132, p. 658, 大修館書店, 1980.
- 9) エミール・ボレル著、平野次郎訳、『確率と生活』, p. 5, 白水社, 1951.
- 10) 野内良三、『偶然を生きる思想「日本の情」「西洋の理」』, p. 16, p. 76, NHK 出版, 2008.
- 11) 物理学辞典編集委員会、「不確定性関係、不確定性原理」, 『物理学辞典-縮刷版-』, pp. 1807-1808, 培風館, 1992.
- 12) 研究社 新英和大辞典(第5版), p. 842, p. 1042, p. 1140, p. 1781, p. 641, 2003.
- 13) 研究社 新英和大辞典(第6版), p. 1241, p. 14, p. 2239, 2006.
- 14) 研究社辞書編集部編、『研究社 英語類義語使い分け辞典』, p. 136, 2006.
- 15) 亀井利明監修、『基本 リスクマネジメント用語辞典』, p. 9, p. 30, 同文館, 2004.
- 16) 中央労働災害防止協会編、「事故」, 『安全衛生用語辞典』, p. 273, 中央労働災害防止協会, 2005.
- 17) 2006年4月28日開設内閣官房ホームページの法令翻訳データ集(2008年3月改訂版); <http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/hourei/data1.html>
- 18) 週刊 産業と保安(2004年6月28日), Vol. 20, No. 24, 2004.
- 19) 政村秀實、『イメージ活用 英和辞典』, p. 360, 小学館, 2008.
- 20) 阿久津東真、「化学プラントの労働安全とリスク-ハザードとリスクの定量的検討は可能か-」, セイフティーエンジニアリング, Vol. 33, No. 3, pp. 13-18, 2006.
- 21) 阿久津東真、(財)総合安全工学研究所 第168回化学安全セミナー(2005年7月22日開催)「プラントの労働安全-IS012100とCEマーキング-機械安全(IS012100)とリスクマネジメント(OHSAS18001)の観点から-」, セイフティーエンジニアリング, Vol. 32, No. 3, p. 24, 2005.
- 22) 政村秀實、「sense」, 『英語語義イメージ辞典』, p. 402, 大修館書店, 2008.
- 23) 日本認知科学会編、「認知」, 『認知科学辞典』, p. 159, 共立出版, 2002.
- 24) 片山寿昭、山形頼洋、鷺田清一、「感性」, 『ラールス哲学事典』, p. 73, 弘文堂, 1998.
- 25) 中村雄二郎、『感性の覚醒』, p. vii, p. 30, p. 76, p. 91, p. 108, pp. 177-183, 岩波書店, 1975.
- 26) 辻幸夫、「認知(cognition)」, 『認知言語学キーワード事典』, p. 175, 研究社, 2002.
- 27) 駒宮功額、「2005年の注目すべき事故」, セイフティダイジェスト, Vol. 52, No. 2, p. 24, 2006.
- 28) 日本経済新聞、「トラに襲われ飼育員死亡」, 2008年6月8日.
- 29) 小泉令三、「社会性と感情の学習」, 現代のエスプリ, No. 494, p. 92, 2008.
- 30) 高木伸夫、「欧米における巨事故とリスク評価」, セイフティーエンジニアリング, Vol. 26, No. 5, p. 13, 2000.
- 31) Editors-in-chef, Edward L. Melnick, Brian S. Everitt, 「ALARP/ALARA」, 『Encyclopedia of quantitative risk analysis and assessment』, Vol. 1 (A-C), p. 40, John Wiley & Sons Inc., 2008.
- 32) John McLeod、「A definition of qualitative research」, 『Qualitative Research and Psychotherapy』, p. 2, Sage Publications, 2001.
- 33) 神宮英夫, [印象測定の心理学-感性を考える-], p. 7, 川島書店, 1996.
- 34) 芳賀繁, 『失敗のメカニズム 忘れ物から巨事故まで』, pp. 94-95, 角川書店, 2000.
- 35) 羽生善治, 『羽生善治 挑戦する勇気』, p. 56, 朝日新聞社, 2002.
- 36) ジャン=ノエル・ジャヌネー, 『アンリ・カルティエ=ブレッソン写真集成』, p. 12, 岩波書店, 2004.
- 37) 米長邦雄, 『NHK 人間講座 大局を観る』, p. 33, 日本放送出版協会, 2004.
- 38) 清水博, 『場の思想』, p. 49, 東京大学出版会, 2003.
- 39) 坂口秀、草野完也、末次大輔、「階層構造が存在するためには」, 『階層構造の科学』, p. 18, 東京大学出版会, 2008.
- 40) 蔵本由紀、「ネットワークのモデル」, 『非線形科学』, p. 236, 集英社, 2007.
- 41) 鈴木信太郎、中平解、「liaison」, 『新スタンダード仏和辞典 第7版』, p. 1029, 2000.
- 42) 小野公一、「メンターの定義」, 『キャリア発達におけるメンターの役割 看護師のキャリア発達を中心に』, p. 22, 白桃書房, 2003.
- 43) (独)理化学研究所、富士通㈱、(社)日本将棋連盟、「将棋棋士の「直感思考」を科学、修練は新たな直感回路を作る平成20年11月23日」: <http://www.riken.jp/r-world/info/release/press/2008/081123/index.html>

以上