

リスクマネジメントに関する総説

The Total Theory about Risk Management

古 屋 俊 輔 (ふるや しゅんすけ)

㈱三菱総合研究所 安全政策研究部 主任研究員

1. はじめに

今日では、一般の企業経営をはじめとして、金融、医療、外交など社会活動のはばあらゆる分野でリスクマネジメントが必要とされている。

構造物や設備の設計、維持管理、保安などについてもリスクマネジメントの観点から検討されることが社会的な要請となってきている。

本稿では、リスクマネジメントの一般的な実施手順と適用例を示しながら、個別分野における最近のトピックを述べ、今後の課題について考えることとしたい。

2. リ ス ク

工学的設備におけるリスクの定義は、基本的にはネガティブな影響の大きさとその発生確率の要素の関数として扱う（ただし、金融工学においてはこの限りではなく、不確実さそのものをリスクと定義する体系もある）。一般にリスクは下記のようにこれらの要素の相乗積で表し、その大きさを推定評価する。このネガティブな影響（ハザード）の分析から始まりリスクを推定評価するまでの一連の作業プロセスは、リスクアセスメント（Risk Assessment）といわれる。

$$[\text{リスク}] = [\text{影響の大きさ}] \times [\text{発生確率}]$$

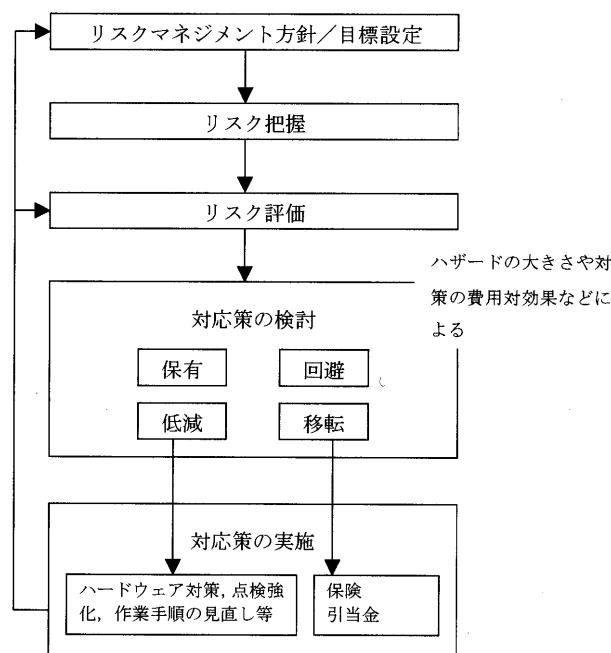
したがって、影響が大きくてしかも影響の発生確率が大きいものが、リスクが大きいと見なされる。影響が大きくても発生確率が小さいものと、影響が小さくても発生確率が大きいものを比較した場合、どちらのリスクが大きいかどうかは、これらの積（期待値）によって判断する。

3. リスクマネジメントの実施プロセス

図一1にリスクマネジメントの一般的なプロセスを示す。最初の方針／目標設定の段階において、リスクマネジメントにより何を実現するか、言葉を換えれば、どこまでリスクコントロールを図るかを設定する。

リスクの把握／評価はリスクマトリクスやリスクカーブなどの手法を用いて行い、それに基づいて対応策を検討／実施する。

図一1に示すように、対応策は基本的にはリスクを保有するか、回避するか、低減するか、移転するかとなり、通常はこれらの組み合わせによりリスクコントロールを図る。



図一1 リスクマネジメントの実施プロセス

ここで、リスクの保有とはリスク評価に基づく意志決定として当該リスクを受入れ特段の対策を施さないことを意味する。

リスクの回避とは当該リスクを顕在化させる可能性のある行為を行わない、機器・設備や物質を使用しないなどによりリスクを排除することである。

影響規模がそれを被る組織や社会として保有できない程度のものであったり、回避が技術的あるいは制度的に困難なリスクについては低減または移転が図られる。

リスクの低減とはハードウェア的な対策や運用により影響の発生頻度や影響規模を制限しようとするものであり、移転とは影響が発生した場合の被害を（通常は経済的に）補償する仕組みを講じるものである。

次章以降ではリスクマネジメントの実施プロセスの各段階において、判断や設定を要する事項とその具体例および背景を述べる。

4. 方針・目標設定

先に述べたとおり、この段階ではリスクマネジメントの対象、範囲を定め、リスクをどのレベルにコントロールするかを定める。

その際の原則的な考え方として広く知られているもの

総 説

にリスクを「合理的に実行可能な限り低く」コントロールしようとする、いわゆる“ALARP (As Low As Reasonably Practicable)”がある。図—2にALARPの概念図を示す。

受容されるリスクレベルとは社会の構成員が当該リスクを受入れるか否かの判断に依存するものであり、ALARP領域の上限、下限のリスクレベルは「定量的安全目標 (Quantitative Safety Goal)」や「目標安全レベル (Target Level of Safety)」と呼ばれる。

原子力発電所や民間航空などの分野においては、国際機関 (原子力におけるIAEA, 民間航空におけるICAOなど) における議論を経て、現在では一定の合意水準が設定されている¹⁾。

いくつかの諸外国における社会全般あるいは個別分野における許容リスクレベルの設定および運用の状況を以下にまとめる。

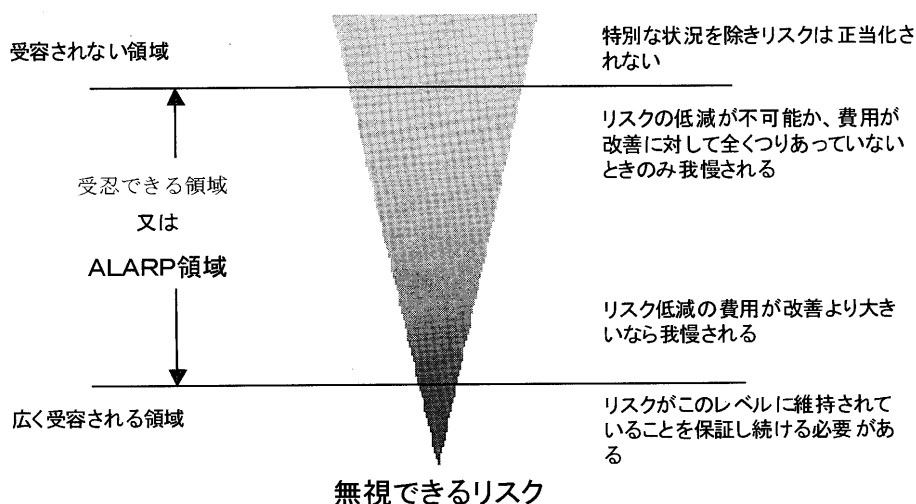
4.1 イギリス

現在リスクマネジメントと呼ばれる一連の取組みを開始したのは保険業と同じく英国が初めとされており、許容リスクレベルについて法的にも規定している。例えば、“Control of Substances Hazardous to Health Regulations 1988”では、

- 重大な影響を生じるものであっても、その発生確率が 10^{-6} /年より低ければ許容可能と判断される。
- 発生確率が 10^{-4} /年より高ければ許容できない。

とされている。

これに基づいて保健安全執行部 (Health and Safety Executive: HSE) は原子力発電所が存在することによる公衆の個人の死亡リスクについて、「広く受容される領域」の基準は 10^{-6} /年以下、「受忍できる領域」の基準は既設の原子力施設に対して 10^{-4} /年以下、将来の原子力施設に対して 10^{-5} /年以下としている。HSEが管轄する鉄道輸送や化学プラント等の分野においても同様の目標が導入あるいは検討されており、事実上の規制として機能している。



図—2 ALARP の概念

4.2 アメリカ

アメリカでは1979年に起こったスリーマイルアイランド原子力発電所 (TMI) の事故後、

規制行政が場当たりのである。

問題が発生すると後追いで対策をルール化する行政手法も事故の一因である。

原子力発電所の安全をどこまで期待するのか明確にすべきである。

との勧告²⁾を受けて、原子力規制委員会 (NRC) が1986年に、原子力発電所の運転による健康影響リスクに関する安全目標を定めた。

この安全目標は「原子力発電所の存在は個人リスクを有意に増加させない。社会リスクは代替発電技術と同等以下であって既存の社会リスクを有意に増加させない。」という安全確保の理念を与える定性的安全目標と、この目標の達成度を評価するための基準である「急性死亡およびがん死亡リスクの増加は他の要因によるリスクの0.1%を超えない。」という定量的安全目標とから構成されている。

さらに、規制上の意思決定に活用する実際的なガイドラインとして、この定量的安全目標との整合性等を考慮して、炉心損傷頻度および早期大規模放出頻度に関する補助的な数値目標を別途定めている。

安全目標は必要十分な規制活動が行われていることを判断するための指標を示したものであり、この指標を用いた産業界のプラントにおける平均的実情の調査、現行規制の改良や新たな規制要求の妥当性吟味といった一般的な規制上の意思決定に用いられてきている。

最近では、このような一般的な規制上の意思決定のみならず、既に述べたように事業者の作成する機器の保守規則の妥当性を判断する基準など個別施設の許認可条件変更等の判断ベースとしても用いられてきている³⁾。

さらに、より広範なリスクを含む、一般市民を対象とした社会統計学的な調査により表—1のような社会のリスク認知に関する調査結果も得られており、規制検討の論拠とされている。

4.3 オランダ

オランダでは1980年代より一般環境政策が検討され、危険な物質を用いる行為により周辺地域に望ましくない影響を及ぼす事象については、可能な限り発生を防止し影響を抑えるべきであるとの観点からリスク管理に係る意思決定のための定量的安全基準の検討が行われ、1993年までに検討結果がまとめられた。

その後、無視し得るレベルについては、公衆のリスク認知およびリスクの受容性が考慮されるべきであること、望

表一 米国社会におけるリスク認知

発生頻度	リスク認知
10^{-3} /年	誰にも許容できず、直ちにリスクを減ずるための対応が必要。
10^{-4} /年	リスクを抑制するために積極的な対応が必要。
10^{-5} /年	一般に認知され、許容されている。そのリスクを避けることに不便さを感じる。
10^{-6} /年	一般に関心を持たれない。意識はされていても無関係だと認識される。不可抗力と受けとめられる。

ましいリスク低減は個々の活動により変わり得ることから、あるレベルを一律に設定しても有用とはいえないと改められた。こうした検討を経て現在では個人の死亡リスクの上限値は、同国の人口動態において最も死亡リスクが小さい10～15歳の児童の死亡リスク（ 10^{-4} /年）をバックグラウンドとして、その1%を超えないものとして 10^{-6} /年に設定されている。

また社会（集団）リスクの上限値については、 n 人を越える人々がその施設における事故・災害により死亡に至る頻度の期待値として表現されている。

10人以上が死亡する可能性のある重大事故の発生頻度は単一施設に対しては 10^{-5} /年とされ、急性死亡者数が n 倍に増加する場合には、頻度は $1/n^2$ 倍に下げられるべきとされている。

このリスク基準は法令に取り入れられ、許認可にあたって適合性の確認がなされる。また、危険物の使用、貯蔵、生産および輸送、空港の使用の各分野においても、同様なリスク基準の設定が進められている。

4.4 我が国の状況

前節までに述べたように、諸外国では社会的リスクマネジメントの観点から原子力施設、ガスパイプライン、鉄道、空港施設などについて許容できるリスクの上限を示すことにより、費用対効果とは異なる原理でリスクマネジメントを図る対象を明確にしている。

これに対し、我が国では原子力施設に対する安全目標の検討が原子力安全委員会において進行中であるほかは公のリスクベースの目標設定はみられない。したがって、リスクマネジメントの遂行に際して、費用対効果を考慮してコントロールすべきものなのか、コストを考慮する以前にリスクの低減を図るべきものなのかという判断の根拠を有していないことになる。

なお、空港、港湾等の設備ではなく、航空機や船舶の運航に際してのリスクベースの安全要件はそれぞれICAO, IMOなどの国際機関における検討を経て適用されているかあるいはその過程にある。

5. リスクの把握・評価

一般にリスクが顕在化した場合の影響として考慮される損害要素に数えられるものには以下がある。

- ① 物的損害
- ② 人的損害

③ 事業損失／機会損失等の経済損失

定性的・簡易的なリスク評価においては図一3のようなリスクマトリクスを用いて対応の優先度の検討などが行われる。

より具体的・定量的な評価においては、損害の指標（建物の棟数、死亡／負傷者数、経済価値単位など）を定めて損害の期待値を算定する定量的リスク評価を行う。

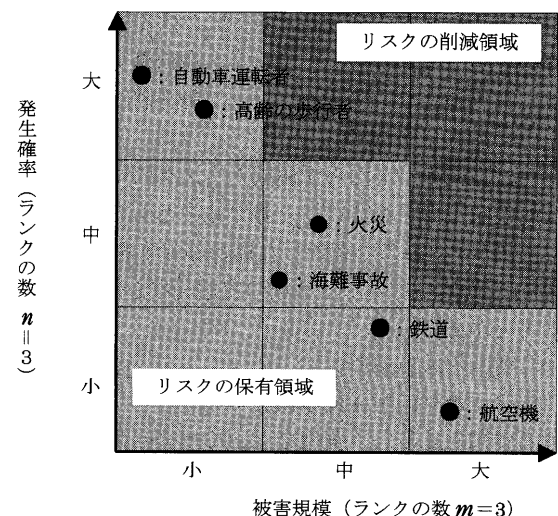
物的損害については、例えば社会インフラとしての電力送変電設備、ガス供給設備、鉄道の軌道やポイントなどが何らかの原因により故障・損傷した場合の修繕・交換等に要する費用、第三者の財産（家屋や車両等）の損傷などがその内訳となり、通常は経済価値単位で影響の大きさを測られる。

前者はガス供給設備の継手漏洩の修繕費～数千円から、鉄軌道や信号設備の保守・交換における数千万～数億円、原子力発電施設の炉内構造物の交換に要する数百億円まで様々であるが、事業別にはおおむね把握されているか、あるいは想定可能なものであり、故障履歴データベースを用いて損害発生の確率密度を評価し、リスクマネジメントに供する試みもある⁴⁾。

後者についても、損害保険の査定資料や多くの判例があり、想定する事故・故障の種別毎に経済価値として算定することは可能である。

人的損害とは人の負傷や死亡、長期的な健康影響などにより構成される。これらについては、負傷者や死亡者の数、余寿命損失など人の損失そのものを指標とすることもあるが、経済価値に換算し他の損害と合算してリスクの相対を表すこともある。その場合の原単位は「統計的生命価値」と呼ばれ、先に述べたイギリスの制定法ではこれを100万 £ /人としている。我が国では自動車損害保険の支払データを基に過失割合を補正するなどして代替することが多い。

事業損失／機会損失とは、事故・故障により物やサービスの提供に支障を生じ、得られるべき事業収入を失っ



* 仮想的に交通機関のリスクをマトリクスにしたものであり、実態を反映したものではない。

図一3 定性的リスクマトリクス

総 説

たり、サービスに依存する第三者の事業活動機会を阻害したことに対する補償費用である。物やサービスの提供を中断する期間は事故・故障の事例あるいは事故影響の想定により把握される。

例えば先にも挙げた電力、ガス、公共輸送等の社会インフラにおいては、前者は日平均、月平均などの利用実績から算定され、後者は利用契約の約款（24時間を越える供給停止について、月額基本料金の停止時間相当分を払い戻す、など）と供給停止の影響範囲、継続時間の想定に基づいて経済的支出を算定することができる。

6. 対応策の検討／実施

リスクマネジメントの最後の段階として対応策を検討し、これを実施する。リスク評価の結果に基づき発生確率と影響規模の観点から無視できるあるいは組織や事業体の体力と照らして十分小さいと判断されるリスクは保有される（原子力発電所に隕石が落下して生じる事故はシナリオとしては評価されているが、発生確率が小さいため対応策は採られていない）。

逆にあまりにも影響が大きく、許容できないリスクについては、根本的にこれを除去するリスクの回避が図られる（フロンガスの排出によるオゾン層破壊を回避するためフロンガスそのものの使用を禁止するなど）。

しかしながら、通常、組織や事業体あるいは個人が遭遇するリスクは上記の様な極端な例の中間（図－2のALARP領域）にあり、何らかの判断基準を持って対応策を実施するか否か、どの程度の規模で実施するのが適正であるかなどの意志決定が必要となる。

この場合用いられる判断基準は一般に以下のいずれかあるいは両方である。

a) リスク-便益基準

リスクの大きさと、そのリスク源によりもたらされている便益の大きさを比較し、便益がリスクを上回っているれば、リスク源の存在を容認し、対応策を実施する（リスク<便益）。

例えば、道路交通事故は我が国における外因による死亡原因として最大のものであるが、自動車交通が否定されず、種々の安全対策を施した上で免許制度のもとで運転が認められている。

これは自動車もたらす便益とリスクについて暗黙の社会的合意が得られていると考えることもできよう。

リスク-便益基準を満たした場合の対応策の実施範囲や規模の検討において、下記の費用-便益基準が用いられることがある。

b) 費用-便益基準

対応策により回避される損失の大きさと、対応策に投入する費用を比較し、費用を上回る損失回避を達成できる対応策を選択する（対策費用<損失期待値）。この考え方はISOに準じる電気電子式制御システムの安全性確保の国際規格であるIEC61508-5にも取り入れられて

いる。この考え方に基づく逆の判断として損失期待値あるいは便益を上回る費用を要する対策は実施しないという選択もなされる。

7. これからのリスクマネジメント

これからのリスクマネジメントの対象として、国の制度や事業経営に大きな影響をもたらす要因として最近顕在化しているリスクについて述べる。

一つはアカウントビリティリスクと呼ぶべきものであり、事故・故障や不祥事に伴う説明・謝罪・再発防止などの行政への説明やマスメディアを通じた社会への説明責任の履行に要する費用である。これに投入する人的資源の経済価値と広報コストをあわせると、人的、物的損害の規模を上回る場合もしばしばみられる。設備の事故・故障に対しハードウェア対策を施しても、アカウントビリティを果たさない限り、稼働を再開できないなどの状況が生じる。

二つ目は需要喪失リスクと呼ぶべきものである。ここでは製造物に限定せず、サービス等の無形価値を含むものとして需要をとらえる。例えば従来、公益事業の需要は安定と考えられており、需要喪失のリスクはメジャーなリスク要因として考慮されてこなかった。しかしながら、エネルギー、通信などの分野においては自由化の進展によりサービスの提供体制が多様化し、事故・故障の発生による社会的信頼性の喪失により、ネット総需要（契約）の喪失や設備の拡張を延期せざるを得なくなることによる将来需要の喪失が経営リスクとして浮上してきている。

最後は規制リスクである。事故・故障の発生により、設備の定期点検の周期や新設、利用制限等が課せられることによる事業への影響は極めて大きなものとなる可能性がある。個別の事業による検討事例としては、鉄道分野における自動安全停止装置（ATS-P）の交換、ガス供給分野におけるネズミ鋳鉄管の全交換や超高層建物でのガス利用制限などがある。新規事業への参入困難や自治体による核燃料税条例に見られるような新規課税も規制リスクとして考慮すべきものとなっている。

考 考 文 献

- 1) 古屋俊輔：技術システムにおける安全目標のあり方，三菱総合研究所 所報，No. 28，pp. 158～183，1997.
- 2) John G. Kemeny et al.: Report of the President's Commission on the Accident at Three Mile Island, The Need for Change: The Legacy of TMI, pp. 9, 1979.
- 3) 古屋俊輔：公益事業におけるリスクマネジメント，電子情報通信学会誌，SSS2003-10（2003-7），pp. 13～16，2003.
- 4) 古屋俊輔：リスク評価における損害算定とリスクベースの経営意志決定，安全工学，Vol. 41，No. 6，pp. 430～434，2002.

（原稿受理 2003.8.19）