

助言生産としてのリスク評価管理技術の展望

東海明宏¹

¹正会員 チームリーダー 化学物質リスク管理研究センター 水圏環境評価チーム

(独) 産業技術総合研究所 (〒305-8569 茨城県つくば市小野川16-1)

E-mail: a-toukai@aist.go.jp.

本論文は、リスク管理の実務を支援するという立場にたったリスク研究のながれの整理を通じて、今後のリスク研究の見取り図を解説したものである。時代区分ごとに、研究内容の展開をまとめるとともに、問題の展開に応じた技術の展開をまとめた。以上の解説を通じて、今後、プライオリティの評価軸、戦略的に進めてゆく際の課題の広がりや枠付け、重点化の考え方について整理した。

Key Words : risk assessment, risk management, research strategy, advices

1. はじめに

リスク評価・リスク管理技術が、即戦力としての社会的ニーズに応えるには、適時的な対応ができるかどうかにかかっている。科学技術関係予算の増額にこめられた意図には、アウトカム（研究成果により創出される価値）につながる応用研究に個々の基礎研究が総合化される道筋の明確化が含まれているとみられ、そのため、研究戦略、研究ロードマップの策定がリスク評価管理分野のみならず各分野で進められてきた^{1),2)}。産業界のみならず、社会厚生水準に影響をあたえるという意味で、リスク評価管理技術は、きわめて重要な課題である。本論文は、必ずしも、土木学会が主に対象としている分野のみならず、産業技術を中心に据え、そこからの生産物による健康・生態影響を含む場において化学物質のリスク評価管理が今後展開されるべき姿の1つのシナリオを展望したものである。なお、化学物質のリスク評価は、産業社会、環境全体を対象としているが、ここでは、化学物質のライフサイクルの上流部分に重点をおいて考察した。

こういった視点にたったときに、要素研究を統合してえられたリスク評価が、関係者にとっての判断支援となることがポイントである。判断を支援する、ということは、リスク評価によって得られた知見が関係者に対する助言として機能するということである。

そこで、本論文では、リスク評価管理分野の基礎・事例研究の展開を概観するとともに、それらを整理するための軸を提示し、社会に対するアウトカムに繋ぐための考え方を展望としてまとめた。2章では、これまでの基礎・事例研究を概観し、10年程度の期間毎に到達点を描き、3章では、社会的ニーズに対応したリスク評価管理研究の展開領域について述べ、4章では、リスク評価管理研究の展開を支

えるためのコンセプトを描き、5章では、それらに基づいてリスク評価管理分野を推進するための研究計画を見取り図として提案し解説した。

2. リスク管理研究のブレイクスルー

「管理」とは、1つのシステムであり、対象、目的、手段、主体が明確にされた合目的な閉じた体系として構築されねばならない³⁾。化学物質の「リスク管理」とは、化学物質に関するインタレストグループがもつ、リスクに関する要求を調整し、化学物質を使用して生産した製品やサービスの機能をリスク面から「最適化」する体系といえる。すなわち、公による規制、私による自主管理のベストミックスが求められている。リスクコミュニケーションは、インタレストグループ間のチャンネルを築き、調整し、合意形成に導く局面で機能することが期待されている。ここでは、リスク管理の根幹にあるリスク評価が、在来解析技術を礎になりつつあることと、その結果を社会に還元するため、規制という行為を支援する科学 (regulatory science) の枠組みを意識した取り組みで進められてきたことを時代区分ごとに、特徴的な研究活動に留意し整理した。

2.1 1980年以前

化学物質が環境を経由して悪影響を及ぼす因果関係を明確化し、上市前審査制度として確立した化学物質審査規制法(1973)は画期的な仕組みであり、これによって一般工業化学品の分解、蓄積、毒性に関する基礎的データが積み重ねられるようになり、化学物質リスク評価の基本的枠組みができあがった。さらに、生物濃縮現象に関する知見の蓄積⁴⁾や、環境運命予測、暴露解析といった研究に触発され、生態毒性学 (eco-toxicology) という学問分野を生んだ。影響における確率的概念は、放射線影響の解明の

膨大な基礎に依拠し、各種の低濃度外挿モデルの検討がなされた。一方、対策における確率的概念は、災害対策の分野で生まれ、環境技術としては、環境に対する人間活動からの負荷の最終バリアとして下水処理場からの放流水質対策を講じる際に、降雨の発生頻度解析に基づき、極端な少雨（水質悪化時）、極端な大雨（負荷流出最大時）がどのような分布で発生するのか、ということに焦点が当てられ、それが後年、worst case analysisあるいは、probable worse case といったシナリオ分析の基礎につながったと筆者は理解している。

また、リスクの解剖学という特徴的なネーミングで、遭遇する多様なリスクを社会学的視点で、整理し、計量化の糸口も切り開かれた⁵⁾。

この時期は、リスクに対する事前対策の枠組みの成立と、それに必要な要素技術の開拓とまとめられる。

2.2 1980年～1995年ころまで

この期間におけるブレイクスルーとしては、環境悪化の社会的費用の計量に関する一連の研究に尽き、以後、多くの研究展開を切り開くこととなった。とりわけ、理論、事例研究の先駆的な研究がなされ、特に、システム分析技法と経済評価を駆使し、確率的影響の計量化に主眼を置き、明示的にリスク評価ということばは用いられてはいなかったが、健康被害、物的被害の確率の影響を推定するための理論的手法が開発された⁶⁾。しかしながら、これらの手法は化学物質管理への適用には展開せず、むしろ環境場から出発した研究が開始された。とりわけ、環境庁（現環境省）による5年にわたる（'81- '86）化学物質環境運命予測手法開発調査においては、化学物質の環境挙動を生態毒性、化学的記述、環境システムの記述を総合化することを通じて、途方もない数の化学物質へのアプローチを見通しを与えたものであった⁷⁾。

米国のリスク研究者との大規模な交流は、1984年、つくば、1987年、吹田での日米リスク評価管理のワークショップに触発された部分が大きい。吹田で行われた第2回目ワークショップはUSEPA、NSFからの支援を受けて実施されたが、同時に市民向け講演会も開かれ、リスクに対する自己決定を模索する「リスクとどうつきあうか」という副題のシンポが開催された⁸⁾。すなわち、計量化の先をにらんだ試みがこの時期においてすでにとりくまれていた。また、この時期、農薬の両軸評価（効用とリスク）、という概念が提示され、それがリスクトレードオフ解析の端緒となった⁹⁾。なお、米国では、この時期に、リスク比較の概念整理が行われ、異種のリスクの比較・優先順位付けに関する取り組みがなされた。

2.3 1995年以降から2005年

中西をリーダーとする化学物質の両軸評価に関する研究で、損失余命を尺度とする健康リスクの統合的評価手法、種の絶滅確率をエンドポイントとする

生態リスク評価の枠組みの構築と手法の開発、リスク削減対策の社会経済性分析手法の開発が行われるとともに、その後に引用される多くのすぐれた研究論文が刊行された^{10), 11)}。その研究プロジェクトの骨頂は、資源制約下において、すべての環境問題をリスクで統一的に読み解き、対応の優先順位をつけることを経済性分析にもとづいて行う方法を提案したことにある。

ついで、その成果を現場の化学物質管理への活用を意図した実務支援研究が始まった。特筆すべきは、研究員が教育を受けた分野に閉じずに、有害性評価から経済性評価までの横糸を通す研究実務に方向付けられたミッションが立てられたことである。このことによって、リスク評価書が、専門文書の寄せ集めのものから、関係者がその物質のリスクとどのようにしてつきあうか、「助言」として知識の統合化が可能となった。NEDO助成による化学物質総合管理プログラムは、技術的には、リスク評価手法の開発とリスク評価書の刊行によって、1つの雛型と標準的なツールを生み出すとともに、アウトカムとして社会に1つのビジネスモデルを提供したこととなった²³⁾。基礎データが社会の意思決定支援に活用しうる組み立てを示しえたことがブレイクスルーであった。

加えて、リスクが認知される問題は、その社会的文脈から不可分なことから、それぞれのリスク事象の社会的な背景を踏まえ、社会的な文脈という切り口で現代社会に潜む、そしていかにして付き合うかという視点を底流にもち、解説された事典が刊行された^{12), 13)}。

なお、SRA(Society for Risk Analysis)においては、1995年の年会が日米合同で開催される機会がもたれ、相互の研究事例の交換をするとともに、The International Risk Governance Council (IRGC, 2003年)が結成され、新技術、温暖化、バイオエネルギー等のリスクガバナンスに関する議論がはじまった。

さらに、欧州においては、REACH規制、RoHS、WEEEといった規制が導入され、ライフサイクル全体通じたリスク管理の向上を狙う制度が導入されている。

3. リスク評価管理技術が必要な領域

2章での研究の展開、新しい制度導入状況の整理を踏まえ、実務を支えるリスク評価管理研究の展開が期待されるべき領域としては、「個々の問題性の高い物質に焦点をあてた評価から化学物質全体をみる評価への視点の移行という意味で、1) 全体を把握し、管理のレベルを点検できる総括把握領域」、「ハザードベースからリスクベースへの視点の移行ということに焦点をあてた、2) 管理の目標を明確化する構造化領域」、「個別の領域毎での対応から臨床的対応に焦点をあてた、3) 社会のリスク目標を実現するための手段選択を合理的に実施する臨床的対応領域」、「解析技術からユーザーに視点をおいた技術へに焦点をあてた、4) 管理とそれを支え

る周辺をつなぐインターフェース、サービス領域」からなる。

3.1 管理対象の拡大の必要

数万に及ぶ化学物質の点検、市場前審査といったスクリーニングを意図した個別物質評価と監視物質等への分類に基づく規制・自主管理を中核にきた。さらに、2007年には、欧州で新しい化学物質管理法（REACH, Registration, Evaluation, Authorization of Chemicals）が導入された。この法の下では、有害性に関する举证責任は事業者に移行する。これまで以上に、データに価値をもつことを前提とした管理の時代となっていくことが予想される。

3.2 管理目標の明確化

対象をリスクで管理するには、リスク評価指標の設定、リスク制御目標の設定、リスク管理原則の明確化が必要となる。リスク管理の目的関数としては、資源制約下のリスク最小化、将来の後悔の最小化などがあげられる。

たとえば、リスク管理の原則としては、等リスク原則に基づく方法、費用効果分析に基づく方法、費用便益分析にもとづく方法、また最近では予防的アプローチに基づく方法があげられる。等リスク戦略のリスク評価指標としては、生涯発がんが用いられ、リスク制御目標としては、暴露人口も考慮され、管理の事例を遡及的に検討し、 10^{-5} 、 10^{-6} 生涯発がんリスクといった社会的に受容されうる目標値が導出されてきた。今後、これまでの対策事例を精査することを通じ、規制のための管理目標、自主管理に用いる管理目標の導出がとりわけ重要となろう。ただし、今後、評価対象を拡大していくと、表-1に示すように、ヒト健康と生態系を守ることを巡る整合性は多くの問題を残したままである。すなわち、RfDの行に示された値でみると、ヒト健康を守るための基準値よりも、生態系を守るために必要な基準値が低い物質が75%もあることが示されている。

表-1 ヒト健康を守ることで生態系を守れるか¹⁴⁾

	I	II	対象物質数
RfD(Reference Dose)基準濃度	25%	75%	32
MCL(Maximum Contamination Level)	50%	50%	18
10^{-3} 生涯リスク	79%	21%	14
10^{-6} 生涯リスク	86%	14%	14

A: ヒト健康基準値, B: 生態系を守る基準値

I: A<B: ヒト健康を守ることで生態系を守れる

II: A>B: ヒト健康を守ることで生態系は守れない

3.3 暴露場からみた臨床的対応の展開

多種の暴露が存在し、1つのリスクを抑えるために、別のタイプのリスクが増加するといったトレードオフの構造の明確化に基づいた意思決定が必要となる²²⁾。ある1つのリスクを削減するために導入した対策によって持ち込まれる影響をリスクで評価し、

リスク対リスクの構造を分析し、決定の支点を明確化する。現実社会においては、多くのリスクが潜んでおり（マルチプルリスク）、そのような複数のリスクが存在する状況に対策を導入することで変化するマルチプルリスクの空間構造を明確化することが必要となる。たとえば、京都議定書で掲げたわが国の温暖物質削減のためには、温暖化のリスクの削減と化学物質のリスクとトレードオフ、さらにはクリーンエネルギー導入と化学物質のリスクとのトレードオフを明らかにする必要がある。このために避けておれないのが、エンドポイントの扱いであり、さまざまなエンドポイントを例えば、時間損失といった指標に変換する手法の発展が核となる。

3.4 周辺領域とのインターフェース

リスクコミュニケーションの実現形態としては、コンセンサス会議、円卓会議といった場があげられる。PRTR導入にともなう、化学物質情報の公開によって、わが町には、どんな物質がどこから環境へ排出されているかのデータを市民が知ることができるようになった。なじみがなく、未知なものに対し、それを自分でコントロールできない対象に対しては、排除的な感情がいだかれやすいことがしられている。このような社会心理学的研究はこれまで多くの蓄積がなされてきたが、今後発展が期待される課題に共通しているのは、技術の供給側の視点だけではなく、技術のユーザーの視点をとり入れることであり、それは、誰かわからないが、社会全体として受けるマイナス面がリスクとしてある以上、その収支決算書という形で示し、その意味をつたえることが求められている。公害防止協定のような限られた関係者だけにはとじないところに、今後の多様な発展が期待される。そのための基幹技術としては、合意形成の技法、リスクの定量的評価結果と受け取る側の印象を繋ぐ技術、たとえば、未知性・不安の構造分析といったことが必要となる。

4 リスク評価管理研究の展開軸

研究の発展と、リスク評価管理研究が必要な領域の概観を通じ、今後の研究展開について、次の3つの軸としてまとめた。それらは、常に付きまとう問題として不確実性にいかに対処するかという視点で情報の価値、リスク削減に伴う代価すなわちリスクトレードオフ、そして、リスクに関する知識が構造化された助言としてのリスク評価である。

4.1 リスク情報学(risko informatics)

第一の軸は、不足する情報への対処および、情報の制約のものでの支援情報の構築である。情報が価値を持ち、取得のコストを利用者がシェアする時代になった。あえて、これからの切り口の新鮮さをあげるとすれば、リスク評価・管理における情報の価値、となろう。Granger Morgan(1990)が、その著書「Uncertainty - A guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis」で、リスク評価者自身が、対象に関しどれほど知らないかという

ことを知っていることの価値をリスク評価の質の計量指標として提案している¹⁵⁾。リスク評価は、不確実性との戦いであり、この枠組みは、新たな知見が蓄積されることの裏返しとして、未知性を内在しながらのリスク評価の姿を鮮明化させるものといえる。今後のリスク研究のブレークスルーの1つとして位置づけられよう。

この視点の延長線上として、どこまで、細かく解析すれば十分か、この仮定を置く事の価値はどれほどか？をふくめ、解析の境界条件を明らかにしたり、リサーチプライオリティを決めるというメタレベルの評価手法への応用も期待できる。

表-2は、課題の広がりを示しており、徐々に、類型Iから類型IVまでを視野に入れる必要があり、自主的活動に基づくリスク管理は、まさに、類型IVに相当する。

表-2 不確実性からみた研究のタイプ¹⁶⁾

現象説明 専門家間 一致の程度	確実である	不確実である
一致している	I : 技術的問題として帰着可能	II : 情報収集によってIに帰着可能
一致していない	III : 合意形成が必要。技術的次元での統合	IV : 合意形成のためのルールづくり人間社会次元

4.2 リスクトレードオフの構造

第二の軸は、リスクの転化、すなわち形をかえてリスクが伝播し、暴露主体まで到達する様、あるいは、リスクトレードオフの要素である。リスクの転化の構造を式(1)で示す。このように、管理対象のリスク、それとトレードオフ関係にあるリスク、それらの中間項に位置するリスクをみることで、すなわちリスクのトレードオフの構造を明らかにした、定量化が必要となる。例えば、温暖化によって引起されるリスク($\Delta Risk_b$)と化学物質によるリスク($\Delta Risk_a$)としたとき、温暖化の抑制のための手段の導入により付加されるリスク($\Delta Risk_i$)を中間構造に入れることによって、転化の構造が明確化できる。なお、相補的にリスク削減が実現する場合もある。

$$\frac{\Delta Risk_a}{\Delta Risk_b} = \frac{\Delta Risk_a}{\Delta Risk_i} \cdot \frac{\Delta Risk_i}{\Delta Risk_b} \quad \text{式(1)}$$

$\Delta Risk_a$: 管理対象のリスク, $\Delta Risk_b$: トレードオフ関係にあるリスク, $\Delta Risk_i$: 中間に媒介するリスク

4.3 関連知識の構造化～助言としてのリスク評価

第三の軸は、関係者への支援情報提示である。リスク評価が、関係者に対する助言として機能するためには、実態を反映した暴露解析、国際的になされた主要な論点を明示的に取り込んだ有害性評価が必

要であり、優先性の高い化学物質に対し、リスク評価書が公開されてきた¹⁷⁾。専門家によるピア・レビューに対する回答編が組み込まれており、ここでは、有害性評価、暴露解析、リスク評価、に関する争点が記述されている。その情報は、読み手が、その対話を通じて、リスク評価の水準を推し量ったり、結果の意義を確認することに資することとなる。リスクに関するデータは、それをハンドリングしたものにししか説明できない文脈があり、リスクコミュニケーションは、実のところ、リスク評価者の役割がきわめておおく、この役割なしにはリスクコミュニケーションは成立しないと考えている。

5. リスク評価管理研究の見取り図

これまでの議論を整理する枠組みとして、4章で説明した展開軸上にならぶ技術開発課題を、そこからの研究成果が活用される局面を想定して見取り図を作成した。リスク評価管理技術の推進にむけた、研究成果が活用される局面として、ツールとして整備が求められる技術領域(5.1節)、知見が助言として構造化されたリスク評価書(5.2節)、最適管理をめざすトレードオフを前提としてリスク管理(5.3節)について述べる。

5.1 技術の領域

図-1に示したのは、基礎研究から製品化までの流れである。横軸は、基礎から応用までの研究の段階を示し、縦軸は、社会の関心を表している。このなかで、製品すなわち、助言としてリスク評価が機能するには、この図の横軸の理想と現実の間を繋ぐ領域を再構築する必要がある、そのひとつの実現形態が、リスク評価書である。

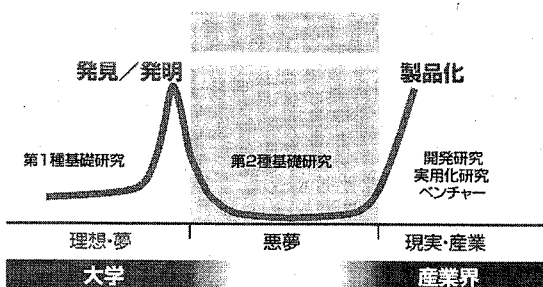


図-1 基礎研究から製品化まで (産総研)¹⁸⁾

リスク評価管理の技術領域を図-2に示した。リスク管理が成立するためには、評価の結果に基づき、対策を絞り込み、対策発動後のモニタリングの結果をみて継続の有無の判断が必要となる。今後、リスク(評価)をベースにした意思決定に移行してゆくためには、リスク評価に基づいて導入した対策をモニタリングし、産業競争力の維持や便益との関連において、インタレストグループ間において、化学物質を使用して生産する製品やサービスの機能をリスク面から最適化されているかどうかの監視が必要となる。

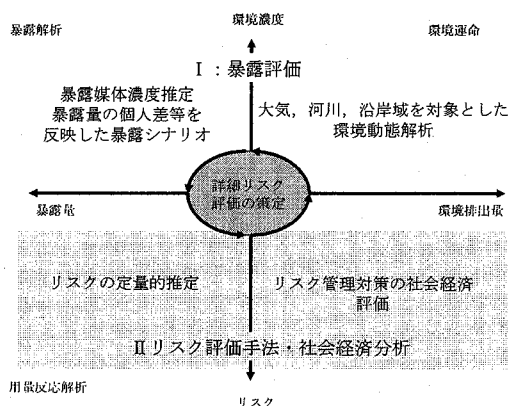


図-2 リスク評価管理の過程

5.2 助言を軸としたシステム化^{19), 20)}

3段階に分けて示したリスク評価書を図-3に示す。ここで、助言の性格に留意し、おもに技術的な領域に閉じる段階、意思決定の判断を個別の企業体・組織への支援にとどめる場合、そして、企業群など総体としてのリスク管理に関する行動誘発すなわち自主管理を支援するという3段階にわけて示した。すなわち、第一レベルの助言としては、リスク評価に関するデータ・知識の構造化であり、おもに領域毎の専門家を対象とした助言となる。第二レベルの助言としては、第一レベルの技術文書にピアレビューの結果を加えたもので、リスク判定を支援する助言である。第三レベルとして、広く関係者が自主管理に資する情報を提供することが上げられる。これまでなされたリスク評価事例からルールを引き出すといったこともなされ、例えば、欧州環境庁では、100年のスパンで過去を振り返り教訓をひき出そうとしている²¹⁾。

1. データ+推論技法⇒  技術文書
2. 技術文書+レビュー⇒  リスク判定支援文書
3. 判断支援+技術解説⇒  意思決定支援文書 (自主管理)

図-3 助言としてのリスク評価書

5.3 リスクトレードオフの視点

目標とするリスクを管理すると、対抗するリスクが必ずでてくる。化学物質の場合は、特にそのこと

をまえもって解析し、対策を導入することで、何かわかり、どうかわるかを見定める必要がある。図-4は、そのトレードオフの発生のパターン²²⁾を示したもので、今後、このような解析を行うことが、より合理的な方策の選択につながる事が期待されている。同様な文脈で、リスクと便益をそれぞれ計量し、化学物質使用に伴う、経済性とのトレードオフの分析がすすんでいる。冒頭で示した、環境悪化の社会的費用の定量化の研究は、対策の導入に際し、関係主体間の帰着便益連関すなわち、便益が、どの主体に帰着されるかということをはっきりとできるほどに手法が整備されてきている。

なお、PRTR施行以後、PRTR非該当物質への転換がはかられる事例が進んでいるが、代替物質のリスクを評価し、導入の合理性をリスク面から評価する例はきわめて少ない。

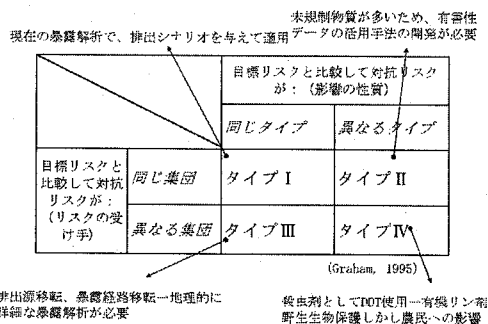


図-4 リスクトレードオフの視点

5.4 ロードマップの例

以上の考察を踏まえ、研究計画の枠付けを図-5にまとめた。設定目標の区分として、リスク評価の基盤整備、高規格化、産業活動への寄与にわけ、それに必要な実務、研究、そしてそれを支える基礎研究に分けて整理をおこなった。それをやや詳細化したものを図-6にロードマップの一例として示した。個々の物質単位での評価・管理から、リスクトレードオフ解析にもとづく最適管理へというのが大きな潮流であると考えている。

図-6には、有害性評価と暴露評価からリスク評価が可能となり、それをベースにリスク管理研究が展開し、実務支援という構成となっている。あくまで、横軸の時間軸は目安として設定したものであり、重点的に推進すべき課題のベクトルを示すことに狙いがある。そのキーとなるコンセプトには、情報量に応じた推論手法の開発、最終的に管理可能とするための手法の開発にポイントがあると考えている。

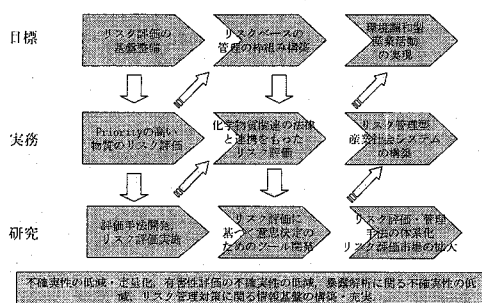


図-5 リスク研究の目標、実務、研究

6 おわりに

本稿での考察を通じて、えられた結論を以下にまとめる。

- (1) 時代区分ごとの研究の進展から、手法開発、事例適用を通じて洗練化の流れを整理するとともに、今後の問題領域（総括的把握、管理目標の明確化、臨床的対応、周辺領域とのインターフェイス）を整理することを通じて、必要な領域の整理を行った（第2章、3章）。
- (2) リスク評価・管理研究の見取り図を描くための3つの軸を提示した。それらは、リスク情報学、リスク転化の構造、助言としてのリスク評価であり、それぞれが突破口として寄与しうる領域を示した。
- (3) 要素技術、事例を先の展開軸で整理し、かつ、それらの内容を見取り図上に整理し、今後のリスク評価・管理技術の重点的取り組み課題を、例としてロードマップとして示した。

謝辞：なお、本研究は、これまで環境システム研究、日本リスク研究学会、関連学会でのリスク研究のサーベイに基づいたものである。また、総合科学技術会議化学物質リスク総合管理技術研究イニシアティブ会合 NEDO 戦略的ロードマップ調査委員会への参加を通じての寄与を受けた。あくまで筆者の見解でありまとめたものであり、所属する機関等のそれを代弁するものではない。ここに記して関係各位に謝意を表する。

参考文献

- 1) 経済産業省：技術戦略マップ（分野別技術ロードマップ）、2006。
- 2) 総合科学技術会議化学物質リスク総合評価管理技術研究イニシアティブ：化学物質リスク総合管理技術研究の現状、2006。
- 3) 斎藤方正：浄水処理からみた微量有機汚濁発生源の監視と制御に関する研究、大阪大学学位論文、1990。
- 4) 山縣 登：生物濃縮－環境科学特論一、産業図書、1978。

- 5) Rowe W. D.: An Anatomy of Risk, Wiley Series on Systems Engineering & Analysis) John Wiley & Sons Inc., 1977.
- 6) 三菱総合研究所：環境悪化の社会的費用の測定方法に関する研究、1977。
- 7) 環境庁：化学物質環境運命予測総合調査報告書、1986。
- 8) NSF, JSPS, USEPA, Osaka: Proc. Of the second JAPAN-US workshop on risk assessment and management, 1987.
- 9) 中西準子(1986)効用とリスクに基づく農薬の両軸評価、環境工学連合講演会, pp. 1-6, 1986.
- 10) Chmospere 特集号: The 4th International Workshop on Risk Evaluation and Management of Chemicals, 53(4), 2004.
- 11) 中西準子, 蒲生昌志, 岸本充生, 宮本健一: リスクマネジメントハンドブック, 朝倉書店, 2002.
- 12) 日本リスク研究学会編: リスク学事典, TBS ブリタニカ, 2000.
- 13) 日本リスク研究学会編: リスク学事典【増補版】阪急コミュニケーションズ, 2006.
- 14) Robert E. Hegner: Does protecting for Human Health protect Ecological Health? Risk Analysis, 14(1), pp. 3-4, 1994.
- 15) Granger Morgan and Max Henrion: A quantitative policy and risk assessment, Cambridge U press, 1990.
- 16) Mary Douglos Risk and Culture: An Essay on the Selection of Technological and Environmental Dangers, University of California Press, 1993.
- 17) (独) 産業技術総合研究所 化学物質リスク管理研究センター: 詳細リスク評価書シリーズ, 丸善.
- 18) (独) 産業技術総合研究所, 第二種の基礎研究.
- 19) 東海明宏: 助言生産としてのリスク評価, 日本リスク研究学会誌, 14(11), 1-2, 2004.
- 20) 東海明宏: データ, 人, 社会を繋ぐ詳細リスク評価書, 「化学物質のリスク評価及びリスク評価手法の開発」研究成果報告会－リスク評価の方法論と実践, pp. 47-52, 2007.
- 21) European Environment Agency: Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896-2000, 2001.
- 22) John D. Graham and Jonathan B. Wiener: Risk vs. Risk - Tradeoffs in protecting health and the environment, Harvard U. Press (ジョン D グラハム, ジョナサン B ウィーナー(1995)リスク対リスク環境と健康のリスクを減らすために, 邦訳, 菅原 努監訳, 昭和堂), 1995.
- 23) (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構, 研究プロジェクト; 化学物質管理技術分野領域 <http://www.nedo.go.jp/activities/introduction6.html#01>

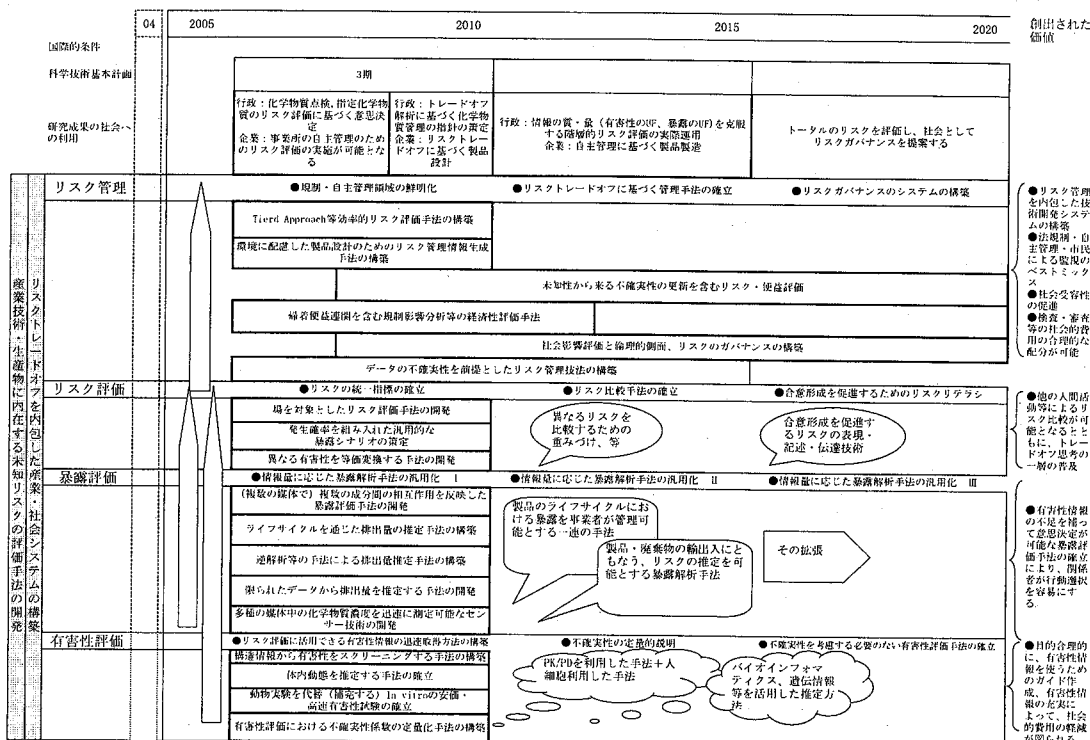


図-6 リスク評価・管理技術の見取り図

PERSPECTIVE ON RISK ASSESSMENT AND MANAGEMENT AS ADVICE-GIVING SYSTEMS

Akihiro TOKAI, Dr. Eng.

This paper discusses the state of the art of chemical risk assessment and management with the special interest to the industry environment system. Through literature survey, the research stream and topics are discussed and identified for the purpose of clarifying the setting priority area. The author presents the way of prioritization of research area through this analysis. Finally, all the discussed items are put in order and the scenario of prioritization of research is described.