

# 異なる種類のリスク比較を可能にする評価戦略

## — 質調整生存年数を用いたトルエンの詳細リスク評価 —

岸本 充生

化学物質のヒト健康に対するリスク評価に関して、社会のニーズを、1) 基準値や規制値の導出、2) リスクの懸念のないものを選び分けるスクリーニング評価、3) 異なる種類の化学物質同士のリスクの比較や排出削減対策の費用対効果の評価、の3つに区別したうえで、1) と2) に応える形で設計された現行のリスク評価手法はそのままの形では、新たなニーズである3) を満たすことができないこと示し、トルエンを例に、3) を満たすための新しいリスク評価手法を提案した。質調整生存年数を健康リスクの指標とすることで、異なる種類の化学物質同士、さらには事故や疾病等の他のリスクとも比較することが可能となる。

### 1 はじめに

環境・安全・健康の問題に合理的に対処するためには、「リスク」という概念や「リスク評価」という手法が必要不可欠であるという認識は近年かなり定着してきた。化学物質のヒトに対するリスクは、その化学物質が持つ有害性(毒性、ハザード)の大きさと、ヒトがそれにさらされる曝露量(摂取量)を掛け合わせたものであり、毒性の強い物質でも摂取量が少なければリスクは小さいが、さほど毒性は強くなくても摂取量が多ければリスクは大きくなりうる。化学物質のリスク評価としては、動物実験やヒト疫学調査に基づく有害性評価から導出された無毒性量(ここまでなら摂取しても大丈夫な量)と、実際の曝露量とを比較して、対象となる化学物質の環境中濃度や摂取量が許容範囲内であるかどうかを判断する手続きが確立されてきた。この方法は、環境基準値の設定や、リスクの懸念のない物質を選び分けるためのスクリーニングに実際に使われている。

しかし、リスク評価に期待されている役割はそれだけではない。世の中のリスクを最小にするという大きな目標を達成するためには、それぞれの物質のリスクの大きさの定量化と相互比較、および、リスク削減対策ごとの費用対効果の計算とそれに基づく優先順位付けが必要である。このために必要な、しかるべき統計的手続きに基づくリスク評価の方法は確立されていない。

本稿では、リスク評価という学際的・統合的なプロセスの成り立ちに立ち返ることによって、新たな社会ニーズに応えるためのもう1つのリスク評価の試みを、トルエンの詳細リスク評価を例に示す<sup>[1]</sup>。それは、新たな社会ニーズから出発して、個別の要素技術を横断的に再検討したうえで、それぞれに対して必要な改訂を加え、それらを1つのシナ

リオに再統合していく試行錯誤の過程であった。

トルエンは、常温で無色透明な液体であるが、高い揮発性を有している。そのため、環境中に排出されたトルエンの大部分は、気体として大気中に移行する。日本において2001年度から始まった化学物質排出移動量届出制度(PRTR)において、すべての年で環境中への排出量が最も多い物質であり、ヒトの健康を損なう室内汚染物質としても知られている。2章では社会ニーズとリスク評価手法の関係について整理した。3章では新たな社会ニーズに対応するために実施した、要素技術ごとの手法開発・改良の内容とそれによって得られたリスクの評価結果について、4章では、トルエンの詳細リスク評価を通じて得られた考察と今後の課題についてまとめた。

### 2 社会ニーズとリスク評価手法

現行の化学物質リスク評価は図1のような手順で実施され、その目的(社会ニーズ)により大きく2種類に分けることができる。第一は、化学物質濃度の基準値や規制値といった参照値を導出するためのリスク評価である。これは厳密に言うと有害性評価であるが、環境中濃度の測定値と比較する形で用いられるのでリスク評価と呼んでもよいだろう。環境省による環境基準値や指針値、厚生労働省による室内濃度に関する指針値、残留農薬の基準値、作業環境中の管理濃度の設定などがこれに相当する。これらの参照値が想定している社会ニーズは、社会の中の感受性の高い人々(子供等の生物的弱者)や曝露量が特に多い人々をも確実に保護することであり、参照値は、動物実験などから得られた無毒性量を十分に大きな不確実性係数(安全係数)で割ることによって求められる。そのため、参照値

をわずかに超えた程度では多くの人にとっては何ら影響が出ない。

第二は、スクリーニング的なリスク評価である。環境省による環境リスク評価、経済産業省による初期リスク評価、食品安全委員会による各種リスク評価などがこれに相当する。ここでは、有害性の評価に加え、曝露量の推計にもワーストケース・シナリオが適用され、例えば実測値や予測値の95パーセンタイル値<sup>用語1</sup>が使われる。これが想定する社会ニーズは、有害性の大きさや曝露量を過大に見積もったうえでリスクの懸念がないと評価されるような物質をリストから除くこと、すなわちスクリーニングである。リスクの懸念があるとされた物質にはさらに詳細な評価が必要となるとともに、この時点で予防的な対策がとられることもある。

このような曝露評価や有害性評価の方法やリスクの判断基準は、参照値を定めたい、あるいはスクリーニング判定がしたいという社会ニーズに合わせて考案されたものである。図1に示したグレーの矢印が評価の手順であるのに対して、構成する要素技術は白色の矢印の方向で開発されたと想像される。つまり、現行の各要素技術は、ある特定の社会ニーズを満たすために最適化された手法であり、社会ニーズが違えばそれらは必ずしも最適な手法であるとは限らないのである。

近年、新たな社会ニーズが生じている。それは、例えば、ある化学物質とその代替物質の間でのリスクの比較、あるいは、化学物質のリスクと、事故や気候変動などの異なる種類のリスクとの間で、どちらを重視するかといった意思決定であり、また、リスク削減対策がその費用に見合ったものであるかという費用対効果の評価である。安全寄りの仮定（不確実性がばらつきがある場合には必ずリスクが大きく計算されるような仮定）のもとで行われた有害性評価と、ワーストケースを使って大きめに見積もられた曝露評価

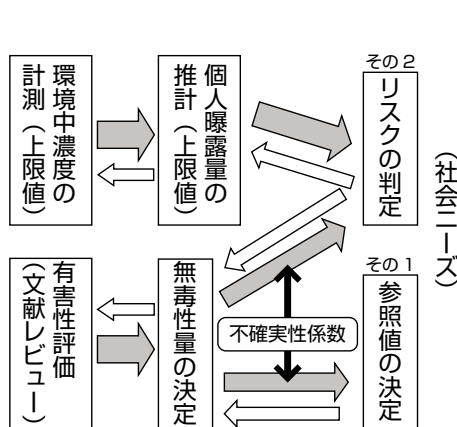


図1 現行のリスク評価プロセスと社会ニーズ

では、このような社会ニーズには応えることができない。しかし、評価目的と評価手法の間にある対応関係に自覚的でないならば、図1で確立されたリスク評価手法をそのまま他の社会ニーズに適用してしまうことになる。その結果、化学物質のリスクは過大に評価され、リスク削減効果は過大に推計され、対策の費用対効果は期待値（最もありそうな値）よりもずっと良いものとして計算されてしまう。また、化学物質同士でもそれぞれの安全寄りの程度（例えば不確実性係数の大きさ）が異なるために、相互の比較は困難である。第一、第二とは大きく性質の異なる第三の社会ニーズに応えるためには、リスク評価の手法が初めて開発されたときと同じように、もう一度、社会ニーズという最下流に立ち返り、そこから逆に上流側に位置する各要素技術へとたどってみることが必要である。

### 3 異なるリスクを相互比較するための定量化手法

#### 3.1 社会ニーズからのバックキャスト

リスク評価の作業手順とは逆向きに、新たな社会ニーズから出発し、それを達成するためにはどのような要素技術が必要になってくるかを順に検討していった。図2に白い矢印でその検討プロセスを示した。

ある化学物質のリスクを他の化学物質や他の種類のリスクと比較したり、費用対効果によってリスク削減対策に優先順位を付けたりするためには、リスクの大きさを共通指標で表すことが必要である。健康影響に関する共通指標に必要な条件は、死亡影響（死亡することによって余命を損失する）と非死亡影響（死亡には至らないが生活の質が下がる）の双方を考慮できることである。われわれは、医療分野で使われている生活の質（Quality of Life: QOL）を用いた質調整生存年数（Quality Adjusted Life - Year: QALY）を採用することにした。QALYとは、図3に示すように、横軸に年齢、縦軸にその時点でのQOL（健康を

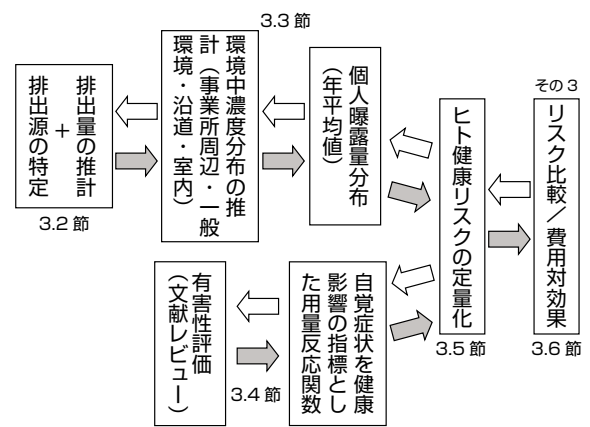


図2 新しいリスク評価プロセスのための要素技術の再検討

1、死亡を0)をとった場合のグレーの部分の面積に相当する。何らかの影響でQOLが点線まで下がった場合、損失QALYは面積の減少分に相当する。損失QALYは、QOLの低下分を含むことによって、損失余命だけでは捉えられない健康影響の大きさを表現することが可能になる。

化学物質に曝露されることによって生じるヒト健康リスクの大きさをQALYで表現するためには、年間平均曝露濃度を、摂取量と発症確率の間の関係式を表す用量反応関数<sup>用語2</sup>に代入することで求められた症状の発症件数に、死亡を0、健康を1として導出された症状ごとのQOLの重みを掛け合わせる必要がある。用量反応関数は、自覚症状を指標として慢性的影響を調査したヒト疫学データから導出されることが望ましい。計算に必要な個人曝露量は「年平均値」であり、屋外大気中濃度と室内空气中濃度を生活時間の比率で重み付けたものとして表される。屋外大気中濃度の全国分布を大気拡散モデルにより推計するためには、日本全国の大気排出量の分布データが必要である。これらはすべて上限値ではなく、中央推計値あるいは平均値（および可能ならばその分布）として推計されることが望ましい。

以上のようなニーズを前提に、各要素技術の現状について再検討を行った。その結果、以下に具体的に述べるように、既存の要素技術の多くは、そのままの形では適用することができないことが分かった。そのため、それぞれを目的に合うように修正したり、大胆な仮定を置くことで計算を進めたり、新たに手法を開発したりしながら、図2のグレーの矢印に沿って、トルエンのリスク評価を実践していくことにした。

### 3.2 排出量の推計

初期のリスク評価は、化学物質の濃度の実測値をベースに行われていたために、排出量の推計や発生源の探索は重視されてこなかった。しかし、排出削減対策の効果のシミュレーションを行うためには、発生源と排出量を量的に

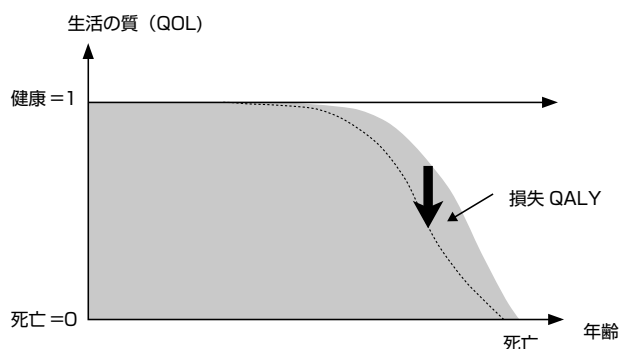


図3 質調整生存年数 (QALY) の概念

把握しておく必要がある。例えば、排出の大部分を占めていると想定した排出源で対策を実施したにもかかわらず、本当はそこからの排出量が占める割合が総排出量の半分に過ぎないとしたら、実際の効果は想定したものの半分にしかならないことになる。また、排出量が推計される場合でも、非意図的の排出や自然発生源からの排出などの不確実性の大きな項目は計上されないことが多いため、総排出量の推計値は過小評価になりやすい。トルエンの場合は、PRTRの開始当初は、自動車燃料からの蒸発分や、暖機前のエンジンからの過剰排出量（コールドスタート排出量）が計上されていなかったため、これらについては独自に推計を試みた。

### 3.3 個人曝露濃度分布の推計

化学物質の濃度の計測は、濃度の高そうな場所や条件のもとで実施される傾向があり、日本に住む人々が実際にどのような濃度分布に曝露されているのか分からなかった。計測データは、大気中濃度については当該化学物質を排出する事業所近傍、室内濃度については新築家屋に極端に偏っているうえに、大気環境と室内環境での評価は別々に実施されていた。また、室内濃度の計測データのほぼすべてが1家庭での1日平均値であり、年平均値やその家庭間変動に関するデータは皆無であった。

屋外大気中濃度に関しては、作成した排出量の分布データをもとに、産総研で開発された大気拡散モデル（AIST-ADMER）を用いて日本全国の5 km グリッドごとの大気中濃度を予測した<sup>[2]</sup>。屋外大気中濃度の全国平均値は1.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、最大値は67  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となった。室内濃度については、情報公開請求によって入手した日本全国の207家庭の室内濃度と屋外大気中濃度の1日平均値を利用した<sup>[3]</sup>。トルエンは室内からの排出量が多いため、室内空气中濃度が屋外大気中濃度よりも高くなる傾向がある。そのためまず前者から後者を差し引いたものを、室内発生源寄与濃度とし、これに対数正規分布をあてはめ、「(A) 1日平均値の家庭間変動」とした。これをもとに、年間平均値の家庭間変動を求めるために以下のような手順を考案した。

まず、1つの家庭における年間を通した室内発生源寄与濃度の日間変動の大きさ、すなわち「(B) 1日平均値の家庭内変動」を推計する。次に、「(A) 1日平均値の家庭間変動」は、「(C) 年間平均値の家庭間変動」に、「(B) 1日平均値の家庭内変動」が加わったものであると想定する。つまり、(C) は (A) から (B) を差し引いたものとして求められる。室内発生源寄与濃度は、室内発生量に比例し、換気回数に反比例すると考えられるが、両者の日間変動に関するデータは存在しなかった。そこで、専門家への聞き取り調査を行い、実際に人が住んでいる家屋について、「1

時間あたりの換気回数の1日平均値の日間変動」はその95%が含まれる範囲を0.5～10回、想定される温度範囲においては「1日あたりトルエン放散量の日間変動」はゼロと想定した。その結果、分散の加法性によって、室内発生源寄与濃度の年間平均値は幾何平均値  $15.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、幾何標準偏差 4.28 の対数正規分布に従うと予想された。

こうして導出された室内発生源寄与濃度分布と屋外大気中濃度分布を、室内と屋外が9対1であるという生活時間比率<sup>[4]</sup>で加重平均して、個人曝露濃度の分布を求めた(図4)。図は室内発生源のみの場合の曝露濃度分布、次に移動発生源や排出量が比較的少ない事業所からの排出量を加えた場合、最後に年間30トン以上排出している高排出事業所からの排出量を加えた場合を示している。

### 3.4 疫学を用いた用量反応関係の導出

現行のリスク評価では、疫学調査や動物実験から、無毒性量の値を得ることが有害性評価のアウトプットである。しかし、物質ごとに、指標とされる毒性影響の種類やその重篤度、不確実性係数の大きさが異なるために、無毒性量や参照値の値だけでは有害性の大きさを相互に比較することが難しい。そこで、疫学調査の結果を用いて、健康影響と曝露濃度の関係、すなわち、用量反応関数を導出することを試みた。グラビア印刷工場の労働者を対象に実施

された疫学調査<sup>[5]</sup>において調査された様々な自覚症状のうち、曝露量と発症確率に相関が見られた8症状を選び、これらに適合する関数形をあてはめ、用量反応関数を導出した。図5に示したのは8つの自覚症状の曝露濃度別の発症確率のデータである。曝露量が増えるにつれて、各症状の発症確率が上がるだけでなく、発症する症状の数も増えるという形になった。

### 3.5 ヒト健康リスクの定量化

3.3節で導出した個人曝露濃度分布を、3.4節で導出した用量反応関数に代入し、得られた症状の発症件数にこれらの重篤度を掛け合わせることで、日本に住む人々のトルエン曝露による総健康リスクを「損失 QALY」の大きさ(単位は年)として表すことができる。各症状および症状の組み合わせの重篤度は、死亡を0、健康を1としたQOL指標で表した。QOLには、医療分野で用いられている多属性効用尺度であるHUI(Health Utilities Index)3を用いた<sup>[6]</sup>。HUI3は8つの属性(視力、聴力、発話、移動、手指機能、感情、認知、痛み)について、それぞれ5～6段階で評価し合計972,000通りの健康状態のQOL値が得られる。計算の結果、2001年度における健康リスクは、表1のように、日本に住む人々全員に対して、197年のQALY損失であると計算された。他の化学物質や他の

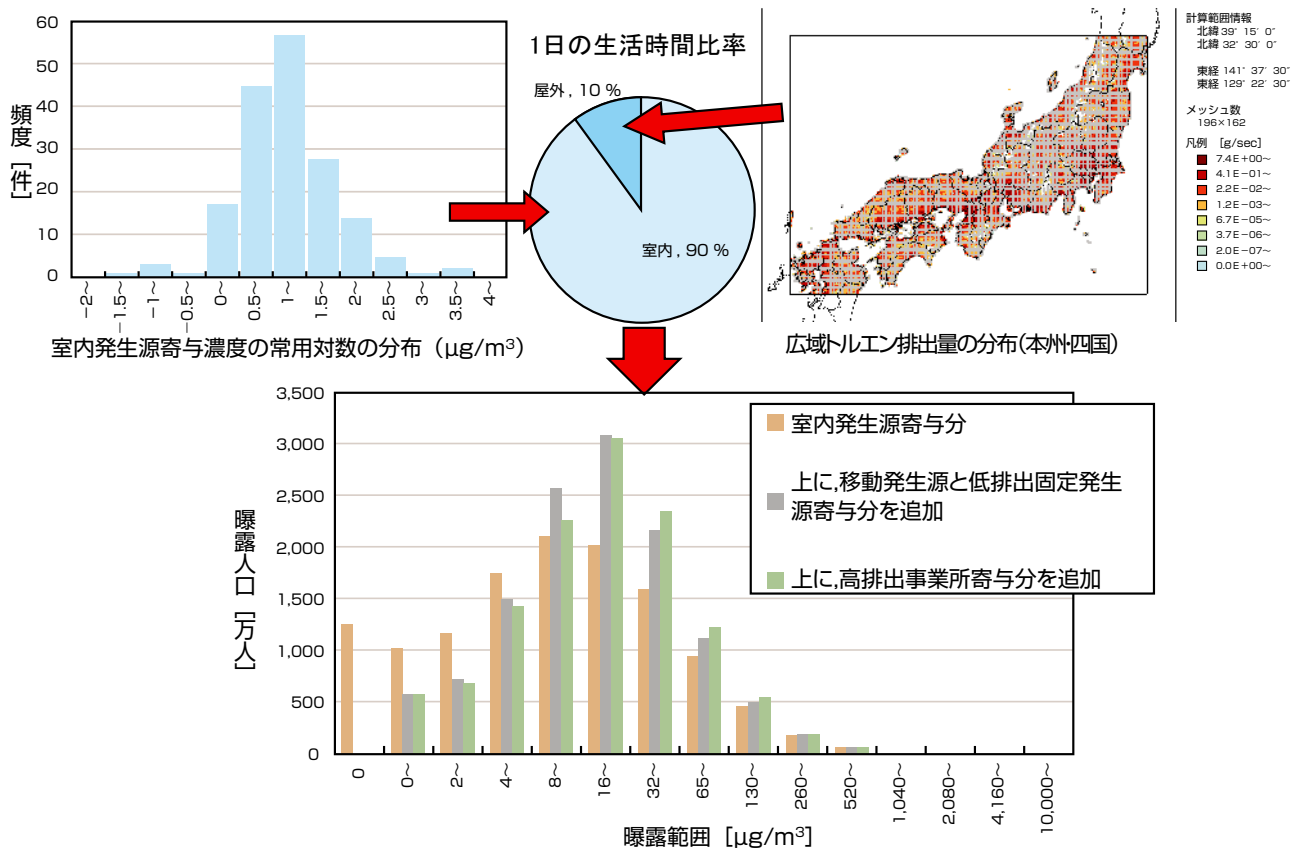


図4 日本人全体の個人曝露濃度(年間平均値)の分布  
「高排出事業所」とは年間30トン以上大気に排出している事業所を指す

種類のリスクについて同様な計算ができれば、リスクの大きさの相互比較を行うことができるので、本手法の有効性がさらに発揮される。

### 3.6 リスク削減対策の費用対効果

大気拡散モデルや用量反応関数を利用することによって、発生源からヒト健康リスクまでがつながったことで、発生源において排出削減対策を行った場合の健康リスクの削減効果をシミュレートし、「獲得 QALY」として定量的に表現することが可能となった。排出削減対策の1年あたりの費用を計算すれば「QALYを1年獲得するための費用」が計算できる。ここでは、トルエンの2001年度のPRTR届出排出量の10%を、蓄熱燃焼装置を設置することによって削減するという対策を行った場合の費用対効果を試算した。この対策による1年あたりの獲得QALYは約1.6年と推計された。蓄熱燃焼装置によるトルエン1トン排出削減費用は3.3万円(処理ガス量10万 m<sup>3</sup>N/時間)から10万円(処理ガス量7,500 m<sup>3</sup>N/時間)と推計されたため、これをPRTR届出排出量の10%に相当する約13,000トンに当てはめると、年間費用は4.3～13億円となった。以上から、「QALYを1年獲得するための費用」は約2.7～8.1億円と計算された。このような形で表された単位リスク削減費用は、異なる化学物質同士だけでなく、感染症、事故、災害といった他の種類のリスク削減対策とも比較可能であり、リスク削減の優先順位付けに有用な情報が提供できる。

## 4 考察と今後の課題

現行のリスク評価手法も最初は、環境基準値を設定したいという社会ニーズから逆にたどって、それぞれの技術要素が開発され、それらは標準的な方法として定着し、そこ

表1 トルエン曝露による日本人全体の1年あたり質調整生存年数(QALY)の損失

	質調整生存年数の損失(年)
室内発生源寄与分	159
移動発生源と低排出固定発生源寄与分	28
高排出事業所寄与分	10
合計	197

に専門分野と専門家が生まれた。そのため、リスク評価に関して社会において新たなニーズが生まれたとき、各分野の専門家は手持ちの技術要素をそのまま適用してしまうことは容易に想像できる。リスク評価のユーザー側も、専門分野の中身までなかなか吟味することができない。一度、専門分野として確立してしまえば、そこでは研究分野独自の論理で学問は自律的に発展していく。しかし、そこで生まれた最先端の研究が新しい社会ニーズを満たすことができるかどうかは自明ではない。新しいリスク評価において必要となる各分野の要素技術は、それぞれの専門分野の中からは内生的に生まれてくる必然性はないからである。

本研究では、異なる種類のリスクの間での比較、あるいは、リスク削減対策の経済効率性の評価といった新しい社会ニーズを満たすために必要なリスク評価の要素技術のそれぞれを、下流の社会ニーズの側から上流に向かって1つずつ検討し、必要な改訂を施していった。評価に用いた仮定には、それぞれの専門分野から見れば、根拠が薄いものも含まれていることも確かである。今後はこれらの課題を解決していくとともに、各分野の専門家に研究ニーズを正しく伝えることも必要である。また、本研究で採用した方法論が他の化学物質や他の種類のリスクの評価にも使えることを示していくことも課題である。

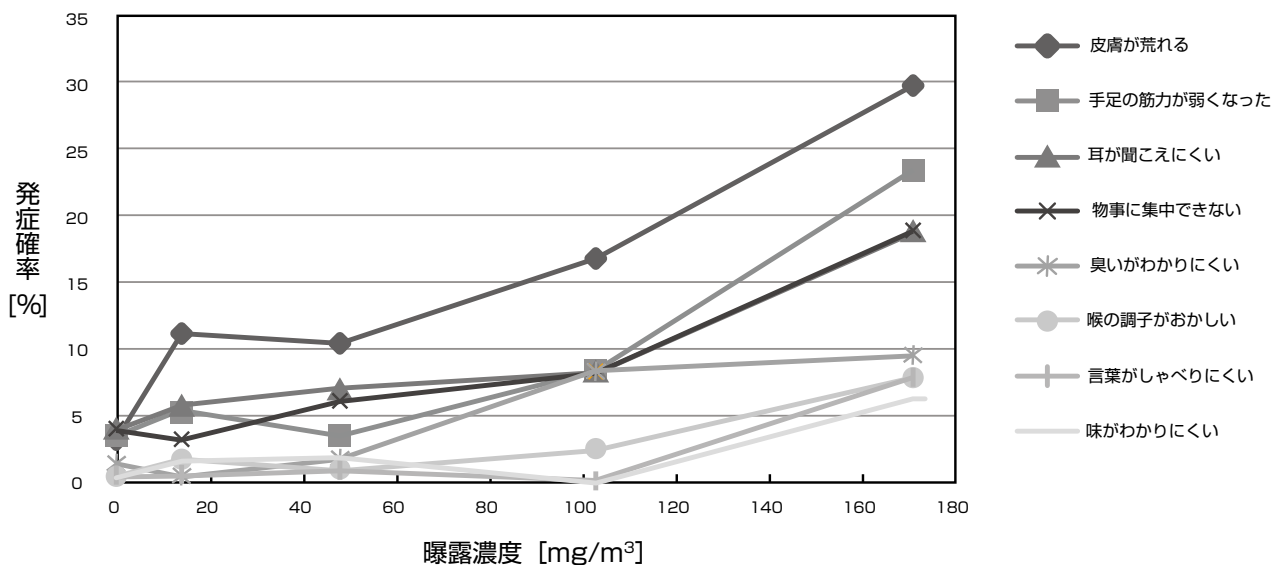


図5 自覚症状別および曝露濃度別の発症確率

リスク評価手法を常に社会ニーズに合ったものに革新していくためには、リスク評価のユーザー、つまりリスク管理を行う側が、リスク評価コミュニティに対して、積極的にニーズを訴えかけていく、あるいはリスク評価の手法について指示を出すことが必要である。リスク評価は、学際的な仕事であると言われるが、異なる分野の専門家の仕事を切り貼りするだけでは完成しない。社会ニーズに応えるというアウトプットを前提に、それに向けた首尾一貫した思考プロセスに貫かれていなければならない。

## 用語説明

- 用語1：計測値を小さい順に並べた場合に、小さい方から95% (大きい方から5%) に位置する数値
- 用語2：化学物質の摂取量(曝露量)を説明変数に、健康影響の発現確率を被説明変数とし、両者の関係を数式で表現したもの

## キーワード

化学物質、リスク評価、社会ニーズ、定量化、相互比較、費用対効果

## 参考文献

- [1] 中西準子, 岸本充生: 詳細リスク評価書シリーズ3 トルエン, 丸善, 東京 (2005).
- [2] 東野晴行, 井上和也, 三田和哲, 篠崎裕哉, 吉門洋: 曝露・リスク評価大気拡散モデル (ADMER) 全国版の開発と検証, *環境管理*, 40, 58-66(2004).
- [3] 厚生省: 居住環境中の揮発性有機化合物の全国実態調査について (1999).
- [4] 塩津弥佳, 吉澤晋, 池田耕一, 野崎淳夫: 生活時間による屋内滞在時間量と活動量: 室内空気汚染物質に対する曝露量評価に関する基礎的研究 その1. *日本建築学会計画系論文集* 511, 45 - 52(1998).
- [5] H.Ukai, T.Watanabe, H.Nakatsuka, T.Satoh, S.J.Liu, X.Qiao, H.Yin, C.Jin, G.L.Li and M.Ikeda: Dose-dependent increase in subjective symptoms among toluene-exposed workers, *Environmental Research*, 60(2), 274-289(1993).
- [6] D.Feeny, F.Furlong, M.Boyle and G.W.Torrance: Multi-attribute health status classification systems: Health utilities index, *Pharmacoeconomics*, 7(6), 490-502(1995).

(受付日 2007.9.19, 改訂受理日 2007.11.16)

## 執筆者履歴

岸本 充生 (きしもと あつお)

1998年3月、京都大学大学院経済学研究科博士後期課程修了、通産省工業技術院資源環境技術総合研究所安全工学部を経て、2001年4月より、独立行政法人産業技術総合研究所化学物質リスク管理研究センター、リスク管理戦略研究チーム主任研究員。主な著作は『環境リスクマネジメントハンドブック』(編著、朝倉書店、2003年)、『詳細リスク評価書シリーズ3 トルエン』(共著、丸善株式会社、2005年)。

## 査読者との議論

### 議論1 質調整生存年数と健康寿命との関係

コメント・質問 (小野 晃)

異なる種類のリスクを、人の寿命の損失と言う共通評価軸の上で評価し、それらを相互に比較可能にしたことは大きな成果であると思います。これまでリスクに関する議論は、「絶対に安全である」とか、「事故は起こりえない」といった極端な理解に流れる傾向がありましたが、本手法が普及することによって、より合理的なリスクの判断がなされ、社会全体として柔軟な対策が可能となることを期待します。

図5で取り上げている自覚症状を見た場合、今回取り上げた共通評価軸は一般に「健康寿命」と言われているのと同じと考えてよいでしょうか。

回答 (岸本 充生)

健康寿命は、健康上の問題で日常生活に影響がない期間を指します。図3で言えば、生活の質(QOL)が1から大きく離れ始めるところを指しています。QOLが1よりも有意に下がったらそれをゼロと同等とみなしていることとなります。QOLがゼロになるところが通常の寿命です。この場合は、QOLがゼロでない(死亡していない)限り、QOLを1とみなしていることとなります。そういう意味では、本論文で採用している質調整生存年数(QALY)は、健康寿命と通常の寿命のちょうど間に位置し、健康状態を最も的確に反映した指標であると言えます。

### 議論2 他のリスクとの比較可能性

質問 (小野 晃)

本評価手法は、たとえば地震に対する原子力発電所の事故のリスクにも適用できるのでしょうか。またそのリスクを化学物質のリスクと共通の評価軸上で比較することは可能でしょうか。

さらに本評価手法は、鳥インフルエンザのような国境を越えたリスクや、グローバルな温暖化による地球環境の破壊のリスクにも適用できるのでしょうか。

回答 (岸本 充生)

質調整生存年数(QALY)は、死亡影響(死亡することによって余命を損失する)と非死亡影響(死亡には至らないが生活の質が下がる)を合わせたリスク指標であるので、ヒト健康リスクへの影響に関しては、原子力発電所の事故リスクも含めて、ほとんどのものに適用可能です。

多くの場合、リスクはワーストケースを想定して描かれます。どれくらいワーストであるのかもリスクごとにバラバラです。そうした場合に、相互の比較は困難です。本評価手法の特徴は、1) リスクを質調整生存年数(QALY)という共通指標で表現したこと、2) 中央推計値(期待値)ベースの評価を行ったこと、です。この2つの条件を満たせば、どのようなリスクとも比較可能です。

国境を越えたリスクに対しても、適用可能ですが、集計値だけでなく、リスクを受ける主体が誰であるかがより重要になってくると思われます。地球温暖化のような将来世代への影響については、時間を越えたQALY損失(計算できたとして)をどのように集計すべきかについては議論の余地があります。

### 議論3 質調整生存年数の結果の不確実性

コメント・質問 (小野 晃)

図2に示されているように、右側の新しい社会ニーズを満たすべく左側に向かって研究のシナリオを作成していく作業が、本研究では重要であったと思います。その結果新たな要素技術の開発が必要であることが徐々に明らかになったこと自体が、非常に大きな成果だと思います。

本研究は、それぞれの要素技術に関して新たな開発に着手しつつも、それがまだ完了していない(結果が必ずしもまだ十分でない)状況にあるのではないかと想像します。また評価の過程の中で大胆な仮定を置いてもいます。そのような状況の中で、ヒト健康リスクの定量化とリスク

比較／費用対効果の一応の「結論」を出さざるを得なかったと思います。

このように入力するデータや情報が不十分な場合には、最終的な結論に一定の不確かさをもたらすと思いますが、その不確かさを評価し、提示することは可能でしょうか。それができるとユーザーとしてはこれらの「結論」をどのような場面に使うべきか柔軟に対応できると思いますがいかがでしょうか。

回答（岸本 充生）

今回の試みは、社会ニーズから出発して、それを満たすためにひとりの手続きを完了させることが目標でしたので、おっしゃるとおり、多少の無理をしても数字を出すことを優先しました。そのため、数字自体の不確かさ、つまり分布の幅、に関しては十分考察ができていません。今後は不確かさ解析を行い、数字の確からしさについての情報を加えたいと考えています。それと同時に、情報量の少ない場合でも同様の解析が可能となるような方法を開発していきたいと考えています。

#### 議論 4 論文のジャーナルへの適合性

コメント（神本 正行）

バックキャストと QALY の採用によって新たなリスク評価手法の提案とトルエンへの適用を行ったこと、評価の各プロセスで様々な工夫を積み上げて有益な結果を得たことが記述されており、本ジャーナルの趣旨に合致した内容と思います。

#### 議論 5 他のリスクとの比較可能性

質問（神本 正行）

今後の課題に「本研究で採用した方法論が他の物質や技術の評価にも使えることを示していくことも課題である。」とありますが、推定値も含めデータが得られれば他の物質にも十分適用可能ではないでしょうか。

回答（岸本 充生）

データが得られれば適用可能です。統計データがそろっているリスク、例えば、自動車事故の場合では、健康影響の大きさを QALY を用いて示すことは現時点で可能です。化学物質に関しては、情報が少ない場合でも不確かさの大きさを含めて、比較可能となるような方法を現在進行中のプロジェクトで検討中です。