

大気環境における暴露評価技術の開発とリスク評価への適用

東野 晴行（環境暴露モデリングチーム）

1. はじめに

化学物質のリスク評価で、地域の環境中濃度を知ることにより暴露状況を把握することは、最も基礎となる出発点の一つである。環境中濃度を知る最も基本的な方法は観測を行うことであるが、リスク評価で必要とされるすべての要求を観測のみで満たすのは困難である。我々、産総研化学物質リスク管理研究センター(CRM)が実施しているリスク評価の最も大きな特長の一つは、目的に適したモデル・ツールを自前で開発し、詳細な暴露・リスク評価を行ってきたことである。本講演では、CRM で開発された代表的な成果物であり、既に様々な用途・場所で用いられている ADMER や METI-LIS 等のモデルが、暴露評価及びリスク評価において実際にどのように活用されているのかを、詳細リスク評価書や有害大気対策に関する経済産業省産業構造審議会（産構審）での活用事例などを交えて紹介する。

2. モデル・ツールの開発

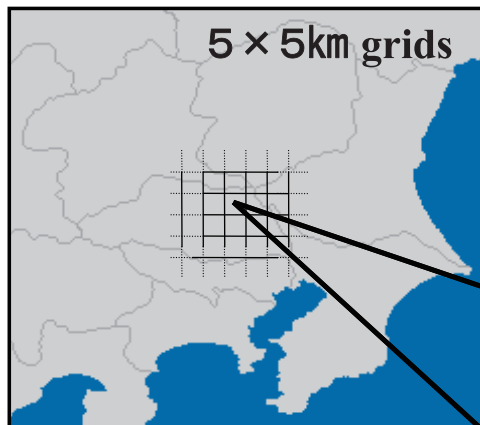
化学物質の大気中濃度を推定するモデルはこれまでも提案されてきているが、濃度分布を推定できるモデルが実際にリスク評価に用いられることはほとんどなかった。なぜなら、暴露評価に必要とされる地理的範囲と時空間分解能、実環境での検証、専門家でなくても使える簡易な操作性といったような要素を全て満たすようなモデルがなかったからである。そこで、我々自身がリスク評価を行うと同時に、実際のリスク評価に使えるモデルの開発を進めた。

CRM では、図1に示すように、用途・スケールに対応して3つのタイプのモデルを開発している。最もベースとなるものが広域モデルの ADMER であり、関東・近畿といったような地域スケールを 5km グリッドの解像度で濃度や暴露人口分布の推定ができるモデルである。これを用いて日本全国の分布を推定することが可能となった。ただし、ADMER は 5km グリッドの中は均一濃度となるため、ADMER だけでは評価しにくい発生源周辺については、事業所周辺を対象としたモデルである METI-LIS を用いる。CRM では、後述のように、これら2つのモデルを組み合わせることでより詳細リスク評価を進めてきており、単一化学物質の評価の場合、概ねこれら2つで対応が可能である。ただし、自動車起源の排出が主な物質（1,3-ブタジエン、ベンゼン等）を対象とした場合、道路近傍での詳細な評価が必要となる場面がある。そこで、ADMER と METI-LIS に加えて沿道モデルの開発も現在進めている。なお、ADMER と METI-LIS の詳細については、本講演会のポスターや既存の文献を参照して頂きたい。

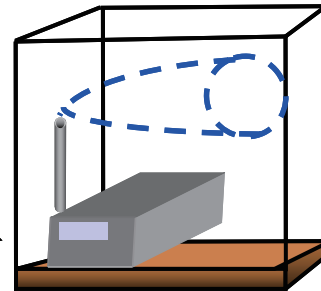
3. リスク評価におけるモデル・ツールの活用

ADMER と METI-LIS を組み合わせた暴露評価手法は、CRM の実施したほとんど全ての大気系物質の詳細リスク評価で用いている。この手法を用いた評価結果は、2005 年 5 月の産構審において、有害大気汚染物質の自主管理の効果検証及び今後の方針検討の根拠として採用された。これらの実績を踏まえて、我々は、大気系化学物質の暴露評価に関して、わが国における標準的な評価スタイルを確立したと言えるのではないだろうか。

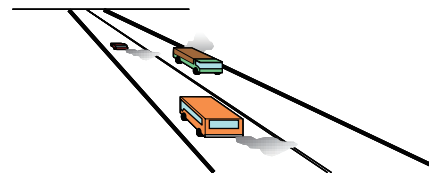
ADMER(広域モデル)



METI-LIS(事業所周辺モデル)



沿道暴露評価モデル(開発中)



これらの組み合わせることにより、
詳細な暴露・リスク評価を行う

図1 CRMで開発している大気モデル — 用途・スケールに応じて複数のモデルを開発 —

これまでは化学物質の曝露評価及びリスクは観測データのみに基づいて評価されていたが、PRTR制度による排出量情報の整備と共に、ADMERやMETI-LISのようなツールが開発されたことにより発生源データからも評価できるようになった。これにより、評価可能な地域や物質の数が飛躍的に増加したとともに、発生源寄与率の推定（どのような発生源が高濃度・高リスクの要因となっているのか定量的に評価すること）や新規の物質など観測データの存在しない場合の推定、さらには将来・過去等の推定など社会経済的評価に不可欠な要素を解析することが可能となった。実際、産構審での自主管理の今後のあり方の議論においても、観測データのみではなくモデルを用いて発生源寄与率や削減効果を解析できたことが大きな判断材料となった。産構審での評価手順及び結果について、ベンゼンを例として以下に具体例を示す。

- 1) ADMERで日本全国の濃度分布推定した結果、高濃度となる場所は、関東、近畿及び中京地域に集中しており、その発生源寄与率を調べた結果、高濃度要因のほとんどは自動車によるものであり、固定発生源の寄与が大きいのはごく限られた地域であることが判明した（図2）。
- 2) そこで、全国の自主管理地区と高排出事業所が存在する地域から5地域を選択し、ADMER+METI-LISによる解析を実施した（図2）。
- 3) その結果、高排出事業所の近傍においても自動車による寄与が大きく、事業所からの寄与は5割程度であることが判明した（図3）。

以上のような手順で有害大気 11 物質を対象に評価を実施した結果、高濃度となる場所は、ほとんど全ての物質で特定事業所の敷地内か極近傍であり、自動車など事業所以外の発生源が支配的な物質もあることから、事業所からの排出の寄与は全体的に低いことがわかった。この結果を受けて産構審では、自主管理は既に一定の成果を得ており、「これまでのように全国一律

に業界単位で削減取り組みを実施する意味は薄れており、個別企業毎に取組をフォローする方が効果的である」と結論づけられた。

4. モデル・ツールの普及

ADMER, METI-LIS を含む CRM が開発したツール類は、Web サイトで公表されており、誰でも無償でダウンロードして利用可能である。同種のソフトウェアでこのように公表されているものはわが国では他に例はない。ADMER は、すでに 2000 人近くのユーザーがあり同種のソフトウェアとしては、わが国で最も普及しているものである。

先述のような我々自身が深く関わってきた国レベルでの利用のほか、地方自治体でのリスク管理やリスクコミュニケーションのツールとしても多くの自治体で採用されている。また、多くの学術・教育機関において研究目的や環境教育にも活用されている。さらに、NGO、企業での環境教育の題材として、企業での自主管理のバックグラウンドデータとしても注目されており、企業の環境報告書にも活用されている。

我々が開発したツールの大きな特長として高度な専門知識がなくても比較的簡便にモデルを用いた解析が可能になったことがあるが、これによりモデルを用いた評価が国のみでなく地方自治体レベルにまで普及し、合理的なモニタリング計画や比較的小さな地域スケールでの化学物質管理の進展に寄与している。また、このような標準的なツールが提供されることにより、NGO や一般市民、自治体及び企業が同じ土俵・条件でシミュレーションを行い評価することが可能となったことは、いわゆる加害者側と被害者側のリスクコミュニケーションが大きく進展する可能性を示している。自治体での採用が増加しているのは、アセスメントにかかる費用の軽減の面だけではなく、このような要因も大きい。標準的なツールとして社会に供給することにより、民間シンクタンク等がリスク評価のコンサルタント業務に容易に参入できる地盤が形成されることも期待できる。

5. 今後の展開

CRM では、平成 19 年度末までに 30 の個別物質の詳細評価を終了するという目標で仕事を進めており、評価に必要なツールとして図 1 のようなモデル・ツールを開発してきた。今後は、VOCs 規制、自動車排ガス規制、POPs 規制等のような新たな問題に取り組んでいく予定であるが、これらは個別物質のみではなく「群」として評価（マルチプル評価）が必要である。また、ナノ粒子のリスクのような新技術のリスクにも取り組んでいく必要もある。そこで、これらの問題に対して取り組むべき方針であるが、ツール開発という観点からは、まずは、地道に評価対象を拡大し精緻化していくということになるかと考える。もちろん、これにはこれまでの技術の単純に延長するだけでは対応できないので、新しい技術を開発し導入して行く必要がある。具体的には、例えば VOCs のような問題では複数物質が絡む二次生成等への対応が不可欠である。このような問題には、反応過程を考慮した次世代 ADMER を開発し、実用に供し、さらに普及していくという方針である。また、自動車排ガスのように、地域特性を高解像度で反映すべき問題については、サブグリッドモジュールなど沿道モデルのようなツール、POPs のような複雑な暴露経路を考慮する必要がある問題については、大気と水系モデルの連携や、GIS ベースの Risk Learning、生物蓄積モデルの開発を進めていく予定である。

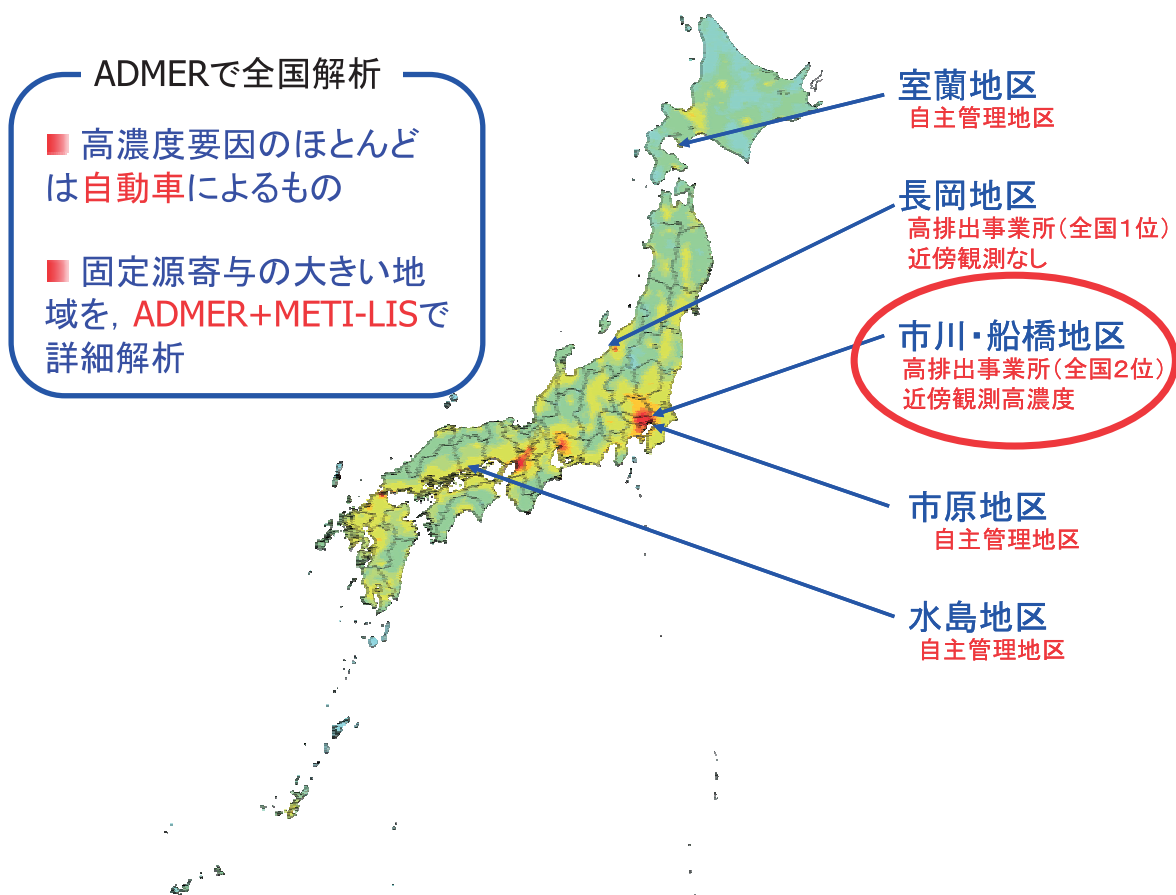


図2 全国的な解析と詳細解析候補地域の選定（ベンゼンの例）

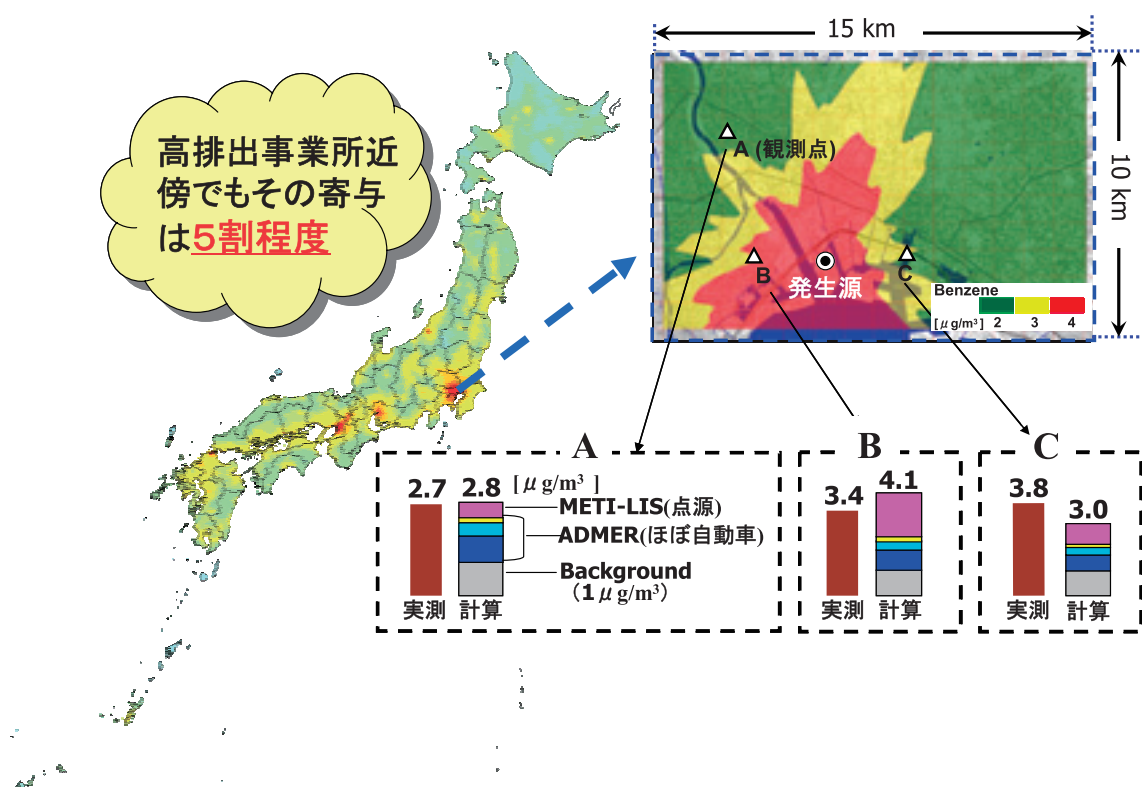


図3 固定源周辺での発生源寄与率（市川・船橋）

— 高排出事業所（全国2位），近傍で高濃度観測 —

水圏生態リスク評価とそれを支える手法開発

東海 明宏（水圏環境評価チーム）

1. はじめに

生態リスク評価は、持続可能性の評価につながるきわめて重要な課題であり、すでに保全生態学等、専門分野がうまれているが、ここでは、化学物質のリスク管理に利用できるリスク評価という文脈に特化して、本プロジェクトで取り組んできた内容を紹介する。

化学物質の生態リスク評価には、現況の把握、維持すべきリスク水準の設定、そのために必要な対策技術の評価が含まれ、健康リスク評価手法を踏襲しうるものの、いまだ発展途上にあるといつてよい。そのような背景のもとで、化学物質リスク管理研究センター（CRM）では、これまで、船底塗料、産業用洗浄剤等のリスク評価に取り組むとともに、そのために必要となる生態リスク評価として化学物質に広く適用可能な枠組とリスクの定量化手法を発表してきた。本講演では、化学物質の生態リスク評価をどのように取り組んだか、そのために開発した手法の解説を通じて、今後の方向について概説する。

2. 課題と技術開発

2.1. 化学物質管理の実務支援における生態リスクの位置づけと必要な技法

動植物への影響を考慮した化学物質の管理方策として、難分解、生態毒性の懸念される物質を第三種監視物質とする枠組みができあがっている。これは、生態リスクを考慮した評価といえ、環境を経由した化学物質の影響を、分解性、蓄積性、有害性のデータを活用し、分類し、管理のレベルを明確化することと理解できる。したがって、これらの3要素を入力データとして取り込み、そこから有用な情報を産出する一連の技法の開発が求められる。

2.2. リスク評価の要素技術

化学物質の管理において、生態リスクを考慮しなければならない局面として、生態毒性が高く、継続して暴露されたときに、当該種の絶滅や生態系のバランスの擾乱がおり、ひいては、生態系からのサービスの質に低下をもたらすことが懸念される場合をあげることができる。このことを課題すると、水生生物に対しての有害性データの収集整備ならびに用量反応関係の導出、水系での暴露解析が重要課題となる。そこで、後述するような暴露解析手法、リスク評価手法（用量反応関係推定手法、個体群評価のための生活史パラメータの推定手法など）を構築してきた。

3. 生態リスク評価のために開発した技術

3.1. 暴露解析

暴露解析技法を開発する際のポイントとしては、(i)（操作性の良い）発生源と受水域水質との定量的関係の定式化、対策効果の推定が可能となること、(ii)主たる支配現象をもれなく取り入れ、クリティカルパスの推定をより容易にすること、(iii)ユーザーの立場にたったソフトウェアとして公開すること、である。水系暴露解析において先行した取り組みとして、過去20年の海域における流動モデルの研究をベースに、沿岸域に特化し、生態系モデルを組み込んだRAM-TB(Risk Assessment Model-Tokyo Bay)を平成15年4月に公開し終え（図1）、ほぼ

一方、陸水域においては、国土を、1km グリッドに分割し、発生源情報を収録するとともに、従来モデルのような平均流ではなく、流出解析を組み入れた流量解析を含んだAIST-SHNAEL(Standardized Hydrology-based Assessment tool for chemical Load)を開発し、平成15年9月に公開したとともに、現在拡張を行い、国土の人口の60%を網羅する集水域を対象にした解析が可能となった(石川, 2005)(図2)。

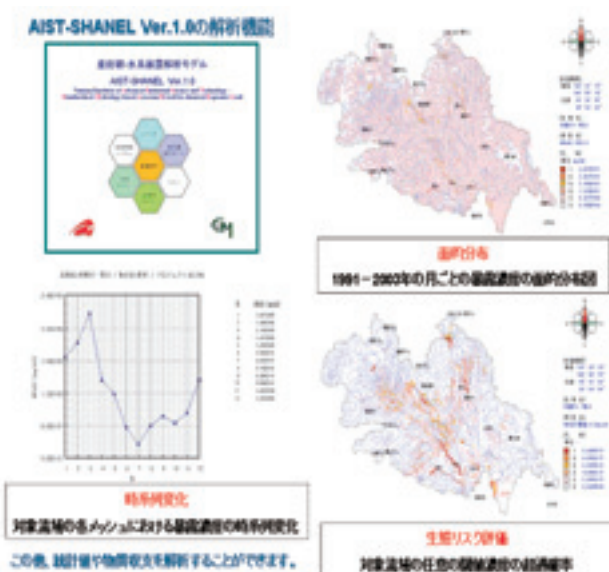


図 1 RAM TB のサンプルアウトプット

3.2.1. 2段階評価方法

ば、メダカ)の個体群での影響にもとづく対策導入の必要性の判断をするものである。また、評価水系(仮想的な暴露シナリオで)における CASM(Comprehensive Aquatic Simulation Model)による被食一捕食の関係を介した間接影響の波及に関する知見も含めて、それらに関連する一連の事実として、集約した考察も行った。

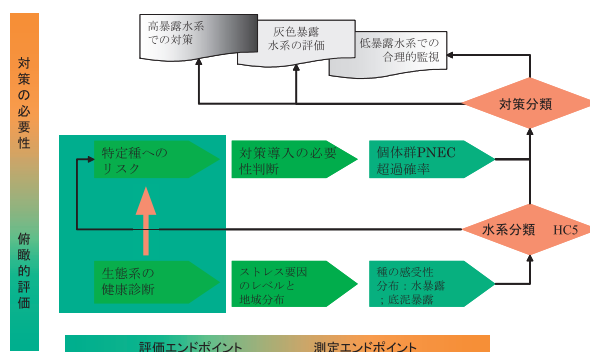


図 3 二段階評価法

3.2.2. スクリーニング評価

第一段階のスクリーニングを目的とした評価においては、EU のガイドラインに即しつつ、データの質等を勘案し、種の感受性分布解析手法の適用方法を検討した。具体的には、種の感受性分布曲線において、全体の種の 5% に影響が現れる暴露濃度 PAF5 を指標とした評価手法を詳細評価対象物質に当てはめ、適用性について検討した。

3.2.3. 個体群増殖率を指標とした統一的なリスク評価

種の絶滅確率の推定において、代表生物集団の K , e , 及び r_0 のパラメータを一定の値に仮定するためには、その生物集団及びその生息環境についてのベースライン調査(野外調査)及び個体群変動に関する研究情報が求められるが、実際にはこうした調査及び研究情報が非常に不足しているのが現状であるので、その次善策として、**個体群増殖率 (λ)** を評価エンドポイントとした個体群影響の PNEC を求めることによる評価手法を提案した(林ら, 2003)。個体群の増殖理論によると、 $\lambda > 1$ の時、個体群の個体数が増加し、逆に $\lambda < 1$ の時、個体群の個体数が減少する傾向にあり、絶滅に至る場合があることを意味する。その中間的なケース、つまり $\lambda = 1$ の時は、個体群の個体数が増加も減少もしないので、個体群が定常状態にあり安定していると言える、 $\lambda = 1$ 時の化学物質濃度を個体群影響の及ぼす閾値濃度と見なして、この時の化学物質濃度が求められれば、これを指標とした個体群影響評価が可能となった(Lin, et al, 2005)。

3.2.4. 生活史パラメータ等外挿手法

先の個体群評価手法には、生活史パラメータが必要であり、それらは、限られた物質に対してしかデータは整備されていない。そこで、ライフサイクル毒性試験から推定された生活史パラメータを種間外挿する方法を開発し、実験データが乏しい物質に対しても適用の道を開いた(勝川ら, 2004)。

4. 詳細リスク評価における生態リスクの定量化事例

表 1 に示したのは、CRM で取り組んだ詳細リスク評価における水圏生態リスクの定量化事例である。発生源特性と被影響系を解析したうえで、暴露解析手法、有害性評価手法を選び、適用に必要なデータ収集、推定が、物質の個性が反映した内容となっている。ここに示したように、ヒト健康リスク評価に比べ物質ごとに個性があり、定型化には距離があるが、種の感受性分布と個体群増殖率を指標に評価が可能なスキームを構築しつつある。

TBT (トリブチルスズ) は、船底塗料としての使用の割合がもっとも大きいことから、船舶からの発生源を詳細におさえ、RAM-TB による暴露解析によって、アサリに対する影響をリスクとして定量化した。現在、TBT 代替品の評価に着手し、相対的優位性の評価を実施中である。4-ノニルフェノールは、多くの業界に対し産業用洗浄剤等の用途で、河川に排出され、AIST-SHANEL を利用し、多摩川を対象に暴露解析を行い、代替品導入、排水処理、下水処理の 3 通りの対策の効果を推定し、リスク評価を行った。

また、短鎖塩素化パラフィン、PRTR 非該当物質であるため、発生源・排出量解析に時間をかけた取り組みとなった。また、有害性評価の部分は、既往の評価機関のデータを精査することを通じて、推定理由とともに参照値の導出を行った。

表1 詳細リスク評価における生態リスクの定量化事例

	発生源解析	暴露解析	有害性エンドポイント	リスク評価
TBT	移動商船等からの排出量を独自に推定	東京湾	アサリ石灰化	暴露マージン (MOE)
4-NP	PRTR データを基に各業種から排出量推定	多摩川, 日本国内代表河川	魚類の個体群存続	個体群 PNEC に対する超過確率
BPA	PRTR データを基に各業種から排出量推定	多摩川	地域魚類の個体群存続	種の感受性, 個体群影響の閾値濃度
Cd	独自の詳細なサブスタンスフロー解析	河川 (全国を対象)	種の感受性分布	PAF5 超過確率
AE	PRTR データを基に各業種から排出量推定	多摩川, 日光川 (詳細)、全国	魚類の個体群存続	個体群 PNEC に対する超過確率
短鎖塩素化パラフィン	各業種からの排出量を独自に推定	多摩川	種の感受性分布	PAF5 超過確率
Co-PCB	ライフサイクルから寄与	陸域生態系	鳥類の個体群存続	個体群影響の閾値濃度と推定蓄積濃度の比較
DEHP	ライフサイクルからの寄与	多摩川	水生生物の NOEC	暴露マージン (MOE)

5. おわりに

リスク評価は、ガイドラインを先に作り、現実問題への適用を通じ、必要な修正を繰り返してきた経緯がある。この分野が、科学的な解明と当面の意思決定支援に対する貢献という2つの評価軸によって規定されてきたからである。水圏生態リスクの評価の構造は、当面、化審法における支援を基調としつつ、次のような点が実務を支援するうえで重要となると考えている。

(1) これまでに開発した暴露解析手法、生態リスク評価手法のよりいっそうの普及を促進するための技術の整備として、多くの物質を対象とした排出量推計手法の整備、個体群レベル生態リスク評価のための生活史パラメータ推定手法 (の不確実性解析) の整備等があげられる。

(2) 低質に残留する Hg や PCB によるヒト健康影響を考慮した基準設定においては、クリティカルパスとして魚類経由のシナリオで設定されている。その意味で、ヒト健康に対する早期警報システムとしての位置づけも可能となり、その文脈での評価法も望見できる。

(3) 化学物質のリスク評価における本質的な問題として、生態リスク評価とヒト健康リスク評価とのトレードオフの問題がある。物質毎の、ヒト健康リスクと生態リスクの制御目標値の比較より、ヒト健康を守ることによって生態系を守ることができない物質が相当数あることが指摘されている。その意味で、ヒト健康と生態系保全を統合評価するリスク評価手法が必要となろう。

参考文献

- 石川百合子 (2005) AIST-SHANEL ver. 1.0 (<http://www.riskcenter.jp/SHANEL/Ver.1.0/index.html>)
- 勝川木綿, 宮本健一, 松田裕之, 中西準子 (2004) 魚類個体群の生態リスクの簡易評価手法, 保全生態学研究, Vol. 9, pp. 83-92.
- 堀口文男, 山本譲司, 中田喜三郎, 桃井幹夫 (2003) 東京湾における化学物質の簡易環境濃度予測システム (Windows 版) の開発, 海洋理工学会誌, Vol. 10, No. 2, pp. 99-107.
- 林 彬勲, 東海明宏, 吉田喜久雄, 富永 衛, 中西準子 (2003) 魚類個体群レベルにおける生態リスク評価手法の提案—4-ノニルフェノールによるメダカ個体群評価のケーススタディー, 水環境学会誌, Vol. 26, No. 9, pp. 31-38
- Lin Bin-Le, Akihiro Tokai and Junko Nakanishi (2005) Approaches for Establishing Predicted-no-effect Concentrations for Population-Level Ecological Risk Assessment in the Context of Chemical Substances Management, Environmental Science and Technology, Vol. 39, NO. 13, pp. 4833-4840.
- Robert, E. Hegner (1994) Does protecting for Human Health Protect Ecological Health?, Risk Analysis, 14(1), 3-4.
- 全体的に引用: The 1st CRM/AIST & AED/USEPA workshop on risk assessment and management for chemicals, CRM/AIST, June 27-July 1, 1004, Tsukuba, Japan, 詳細リスク評価書: TBT, 4-ノニルフェノール, DEHP, 短鎖塩素化パラフィン, BPA, (発刊済), Cd, co-PCB, AE (作成中)
- 謝辞: 本研究は、NEDO からの補助を受けて実施したものである。

特別講演 詳細リスク評価書が開いた扉

中西 準子（研究センター長）

1. はじめに

産総研化学物質リスク管理研究センター（CRM）は 2001 年 4 月に発足したが、その際、7 カ年で 20～30 物質の詳細リスク評価書を作成することを、その大きなミッションに掲げた。詳細リスク評価書策定は、わが国で前例のない仕事であったし、リスク評価には自己の専門を超えた分野での知識を多く必要とするので、研究員にとってはまさに試練と言ってもいい苦行であった。しかし、それから 4 年半以上が経過し、かなりの数の評価書が世に出るようになり、研究センターとしても一定の自信と落ち着きを得つつある。ここで、詳細リスク評価書策定とは何であったのか、そのことで何ができるのか、いや、その前に、なぜ評価書策定をセンターのミッションにしたかから述べたいと思う。

2. 詳細リスク評価の目標と目的

2.1. 詳細リスク評価のねらい

そもそも、詳細リスク評価書の内容はどういうものか？

目的は、代表的な物質について、リスクの大きさ、リスクの原因や伝達（暴露）経路、リスク削減対策の可能性、費用などを明らかにすることによって、行政、事業者、国民のリスクに基づく判断を助けることであるが、それぞれに、米国や欧州とは異なる、日本が本当に必要とするものを作りたいという“こだわり”をもって対処した。

日本が本当に必要とするリスク評価の視点とは、①やや誤解を招きやすい表現だが、“できる限りリスクの本当の姿を追及する”という向き合い方、つまり、実証を重んずる、②日本全体のリスクが俯瞰でき、かつ、地域毎のリスクも分かる、③リスク比較、リスク・ベネフィット解析が可能となるものであって、これらのすべてが実現しているわけではないが、そのための努力をしてきた。

研究センターとしての基本的な目標は、評価手法の開発である。それも目標の一つにはなっているし、そのための努力をしてきたが、むしろこの間、圧倒的な労力をこの詳細リスク評価書の策定のためにさいてきた。評価書策定には、評価手法開発とは趣を異にする膨大な単純作業的な仕事が発生し、しかも、学際的な知識と絶え間ない判断（決心）が必要となる。そのための労力や知力は、中心的な課題であるはずの評価手法開発にかかるその数倍にとどまらなかった。にも拘わらず、我々は評価書策定を中心的な目標にし続けた。それは、なぜか？

そうでなければ、リスク評価が何であるか、また、どう使えるかを分かってもらえないと考えたし、また、多様な評価手法が必要であることも分かってもらえないと考えたからである（一つの式や方法で、すべての化学物質のリスク評価ができるという誤解は今も根強い）。したがって、CRM は 7 年間の目標として詳細リスク評価書策定を中心課題にしてきたが、7 年後もそれが中心課題になるということでは必ずしもない。新しい時代を切りひらくのに、一定数の詳細リスク評価書策定が必要だったのである。

そのために、詳細リスク評価書は、以下の三つの側面を持つことになった。

- ① 対象物質についてのリスクを解析し、その結果を皆に知らせ、多様な意思決定に使える、あるいは使う筋道を示すまでのものにする。
- ② 個々の解析を通して、評価手法を開発する。このため、性質の異なる物質を対象に選んだ。統一した手法で解析するよりも、その物質を前にして、工夫することで、多様な新しい解析方法を見つけることであった。研究的要素の強い目的であった。
- ③ リスク評価のための道具（読み書きそろばん）を社会に提供し、他の機関（国や自治体など）や個人がリスク評価を行うことを支援するためのツールを開発し、評価書策定過程で現実に使い方を示す。

3. 詳細リスク評価の方法（CRM の特徴）

3.1. Tiered Approach

詳細リスク評価書策定のかかなりの部分は、NEDO の「化学物質総合管理プログラム」の中の「化学物質のリスク評価及びリスク評価手法の開発」（平成 13 年度から 18 年度まで）として実施された。NEDO のスキームは、すべての PRTR 指定物質を含む 500 程度の物質から選ばれた約 150 物質の「有害性評価書」と「初期リスク評価」といくつかの「詳細リスク評価」という 3 段階になっている。詳細リスク評価は、単独で存在するのではなく、このような tiered approach（段階的）の最終段階の位置にあり、このような構造に支えられていることが重要である。つまり、詳細リスク評価の対象になっている 20 なり 30 なりの化学物質は、少なくとも 500 くらいの物質を代表しているのである。

3.2. 日本全体を俯瞰し、地域毎で鳥瞰する

リスクの高そうな地域と平均的な地域を選んで、リスク評価は行われていることが多い。それに対して、我々は、できるだけ日本全体を対象にして、リスクの分布を示し、同時に、それぞれの地区のリスク情報を示した。それを可能にしたのが、大気濃度・リスク予測モデルの ADMER と METI-LIS である。多くの発生源があるトルエンのような場合には、排出点モデル（排出量と周辺の状況を）と組み合わせて METI-LIS を用いた。

その他、日本全体の暴露分布推定のために様々な推定手法を開発した。室内汚染が大きな割合を占めるトルエン、ジクロロメタンなどには室内濃度分布推定が行われた。

また、食品を通した暴露量推定のために、多媒体移行モデルや流通を考慮したモデルを開発し、DEHP（フタル酸ジ（2-エチルヘキシル））で用いた。DEHP では、廃棄物からの排出量推定に、LCA（ライフサイクル解析）的手法を用いた。また、expert judgment による商品の使用寿命推定も行った。

多くの現象を、一定の広がりのある分布として取り扱うことで、数値化した。これらは、いずれも新しい考え方であり、この手法なくして詳細リスク評価はできなかった。

モデルによる推定を行うと同時に、モニタリングデータによる検証にも力を入れた。Bio monitoring は重要な手段である。鉛（まだ、最終報告書は完成していないが）では、小児 300 人の血液採取を行い、血液中鉛濃度の分析を行ったし、臭素系難燃剤では、1970 年代にまで遡って、血液中濃度の経年変化を追った。

モデルと実測値の照合により、排出量の検証を行うと同時に、未知の発生源の発見にも力を入れた。これらのことが可能になったのは、モデルの予測能力の高さ故である。

3.3. 科学的考察と不確実性係数の大きさ、そして実証

リスク評価の過程では、しばしば不確実性係数（UF）が導入されて安全側推定が行われる。不確実性係数には、二つの意味があり、一つは、個人差に伴う“安全率”であり、もう一つは、不正確、情報がないことに起因する“安全率”である。しかし、不確実性係数の値が大きくなると、評価結果に大きな幅が出て、その実用性が制限されることになる。科学的事実を積み重ねて、如何に不確実性係数の大きさを小さくできるか、これが、評価結果が使えるか否かの分かれ目になる。

このための努力がなされた。

一つは、3.2 で述べたことと重なるが、広がりをも分布として処理する方法である。これは、徹底的に使われている。

二つは、これも 3.2 と重なるが、ピンポイントでの実測値の利用である。

三つが、有害性試験結果を、メカニズムと併せて考え、一定の判断をすることによって、不確実性係数を小さくする努力である。これと併せて、有害性判断にできるだけ CRM 独自の判断をする努力をした。DEHP や 1,4-ジオキサン、ジクロロメタンなどがその例である。PBPK モデル^{※)}の活用も少しずつ進んでいる。

※) PBPK モデル (Physiologically based Pharmacokinetic Model) : 生理学的薬物動態モデル

3.4. 共通指標と社会経済性分析

人の健康リスク評価指標に、損失余命、QOL（生活の質）などを用いる、また生態系リスク評価に個体群影響を評価する指標を使う試みも進んだ。

4. 詳細リスク評価書以後の世界

4.1. 多くのところでリスク評価が始まった

リスク評価の実像が伝わると、自治体などで、CRM の方法を模してリスク評価が始まった。経産省以外の府省でも、今後リスク評価を行うようになるであろう。また、大学などで教材として、リスク評価が取り上げられつつある。最も緊急に必要なのは事業者自身である。

4.2. 産構審化学・バイオ部会リスク管理小委員会での活用

→今後自主管理の重要なツールになる

05 年 5 月 12 日の産構審化学・バイオ部会リスク管理小委員会有害大気対策WGでは、自主管理を続けてきた有害大気 11 種について、これまでの事業者の自主管理の成果を認め、部分的な対策は残るとしても、大筋として終了することを認めた。自主管理の成果の評価に、詳細リスク評価結果の一部が使われた。これまでは、どこまで削減対策を進めるべきか、また、事業者が削減したという報告は本当か？という結論はなかなか出せなかった。このことは、詳細リスク評価で、その結論を出すことができることを示したものであり、画期的なことであった。

今後、化学物質の自主管理は、詳細リスク評価によって支えられ、ますます広がるであろう。社会経済効果分析も進んでおり、より効率の良い自主管理システムの構築に生かされるであろう。

4.3. 新規物質・技術のリスク評価・リスクマネジメント

→産業政策の武器、国際競争力に影響

新技術や新物質を世に出す際に、一定のリスク評価を付けて出す、そういうことができないか、リスク評価も新技術のスペックの一つではないか、このような呼びかけに応じて集まった産総研内研究ユニットの共同作業でナノテクノロジーのリスク評価・リスク管理の研究が始まった（04年秋）。ナノ材料のリスク評価は、今や、OECDやISOで取りあげられるような世界的な課題になっており、我々が始めた研究プロジェクトも産総研外の研究者の参加も得て、規模が大きくなっている。

新技術のリスク評価結果は、新技術の利用可能性を左右する。したがって、リスク評価は、その国の産業政策の成否を左右するだけの力を持ち始めているし、また、国際的な場でリスク管理についての説明力がなければ、国際競争力を失ってしまうのである。新技術にとって、リスク評価は必須の要素になるであろう。

このような背景の下で、CRMではナノ材料以外に、太陽電池、ETBE（バイオ製品でガソリン添加剤）のリスク評価に06年度から取り組む。

4.4. REACH 的社会

→CRMの今後の方針

EUが化学物質規制の統合的な枠組としてREACHを提案している。この提案が良いか、また、実現可能性があるかは措くとしても、多くの化学物質、多くの商品を対象にした、リスク評価・リスクマネジメントの枠組が必要になることは明らかである。これをREACH的社会と呼ぶならば、我々はすでにこの社会に踏み入れているのであろう。

そういう背景の中で、CRMは今後の目標をマルチプルリスク評価・リスク管理としている。ロードマップを示す。

