



Title	化学物質のリスクアセスメントとモデル計算(2)
Author(s)	片谷, 教孝; 青木, 淳; 古橋, 規尊 他
Description	第3回衛生工学シンポジウム (平成7年11月9日 (木) -10日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 3 モデリング、情報管理 . P3-6
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 3, 168-173
Issue Date	1995-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7903
Type	departmental bulletin paper
File Information	3-3-6_p168-173.pdf



3-6

化学物質のリスクアセスメントとモデル計算(2)

片谷 教孝、 青木 淳 (山梨大学工学部)

古橋 規尊 (富士通エフ・アイ・ピー(株)) 中杉 修身 (国立環境研)

1. はじめに

近年の科学技術の進歩、特にエレクトロニクス、新素材、バイオテクノロジー等のいわゆる先端産業の発展に伴い、多くの新たな化学物質が製造・使用されるようになり、従来から使用されている物質でも、その製造・使用量が急激に増加している例が少なくない。それらの化学物質の中には、発ガンなどの毒性を有するものが多いことが知られている。これらの化学物質は、正常な製造・使用の過程においてもその一部が一般環境の大気や水などの媒体中に侵入し、それらが人体や生態系に暴露されることによって有害な影響をもたらすことは、既に多数指摘されているところである。また事故が発生すれば、その侵入量・暴露量は格段に増大する可能性がある。そこで、これらの環境汚染や人体暴露を防止するための有効な対策の実施が急務となってきており、その一つの段階として、それらの有害性や危険性を事前に予測評価するリスクアセスメントの概念^{1) 2)}が生まれてきた。

前報^{3) 4)}では、このリスクアセスメントの概念と、その中で用いられるモデル計算手法について事例を紹介した。またその中で、平衡論に基づく予測モデルの開発について報告した。本報では、その準平衡論モデルについて実測値と計算値の比較、感度解析等の方法によって改良を図った結果を報告する。また、化学物質濃度と通常の大気汚染物質濃度や気象要素との相関についての分析結果についても、あわせて報告する。

2. モデル計算の必要性

化学物質による人体へのリスクを算定するのに必要な数値は、環境濃度、暴露定数、毒性ポテンシャルの3つである。このうち、暴露定数とは人間の平均的な呼吸量や飲料水摂取量であり、比較的容易に求めることができる。また毒性ポテンシャルは動物実験や疫学調査などによって得ることができ、物質によって状況は異なるものの、ある程度の知見が蓄積されている。これに対して環境濃度の値は、評価すべき地域や時点ごとに変動するため、ケースバイケースで求める必要がある。環境濃度の値を得るのに最も確実な方法は、各物質を環境中で直接測定することである。この場合、数多くの物質を対象として時間的、空間的に高い密度で測定を行うことは現実的に困難である。近年は分析機器の進歩も著しく、自動測定が可能な物質も増えてきているが、それでもリスクの評価に十分なデータを得ることは容易なことではない。そこでそれを補うための手段として、モデル計算が用いられる。このような目的に用いられる予測モデルは、対象空間内における各物質の物理的及び化学的な挙動を微分方程式で表し、それを解析的にあるいは数値計算により解く形のもので主体である。ただし、通常の大気汚染や水質汚濁を対象とした予測モデルと異なり、大気、水、土壌などの複数の媒体を考慮し、各媒体相互間の移動プロセスを考慮したモデルとすることが必要であり、微分方程式系は複雑なものにならざるを得ない。モデル計算の概略の流れを示したものが図1である。

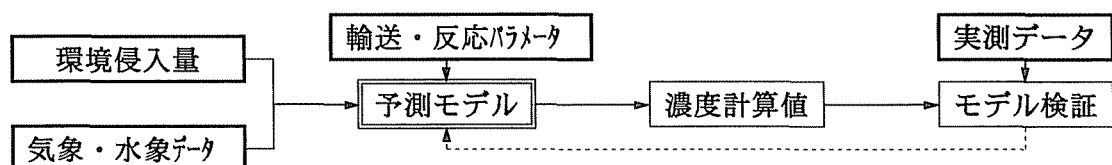


図1 モデル計算の流れ

3. 準平衡モデルの概要

人体暴露量を求めるために、人間が摂取する空気、飲料水、食物などの環境媒体中に含まれる化学物質の量を把握することが必要であり、そのために環境濃度の予測モデルが用いられることは既に述べた。この予測モデルには大別して非平衡モデルと平衡モデルがある。

非平衡モデルは発生源からの環境侵入、物理的な輸送、化学反応などの過程を示した微分方程式系を数值的に解くことにより、時々刻々の環境濃度の変化を求めることができる点が特徴である。また濃度を空間の関数として求めることができるため、対象地域の内部における環境濃度の分布を推定することができ、人口の分布と重ね合わせることによって、リスクの分布を求めることも可能となる。ただし、これらの時間的あるいは空間的な濃度変化の信頼性は、計算に用いる入力データの持つ時間分解能に依存する。

これに対して平衡モデルでは、上記のような各過程による濃度変化が平衡に達した時点での濃度を求めるもので、多くの場合は対象地域全体を一つの均質な空間とみなして、地域全体での平均的な濃度を求めることになる。各過程が平衡に達するまでの時間スケールはさまざまであるが、多くの例では年平均値のような長期平均値を対象としている。平衡モデルでは、何らかの工夫をほどこさない限り空間的な濃度分布を考慮することが困難であるが、長期平均値が容易に求まることから、発ガン性のような慢性毒性によるリスクの推定には適しているとされている。そこで本研究では、このような長期平均値を対象としたモデルであって、かつ地域内の空間的濃度分布を考慮できるようなモデルを開発すること

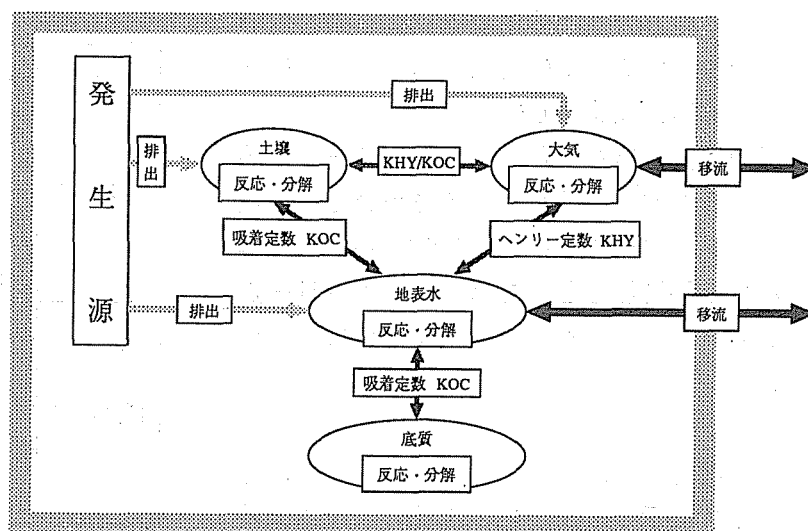


図2 準平衡モデルの概念図

をねらいとし、平衡モデルを基本として地域的な分布を考慮できるような準平衡モデルの開発を試みた。

モデルの概念を示したのが図2である。ここでは媒体として大気、地表水、土壌、底質の4つを考慮している。今回の対象地域は海域に面していないため、海水は考慮していない。対象空間は格子分割により複数のセルに分けられ、図2に示すように各セル内で媒体間の移動が平衡に達する。ここで各セル毎に与えられた風向頻度分布(風配図)と風向別年平均風速に従って、大気についてのみセル間の移流を求める。また地表水については水系に従って移流を求める。その後さらに媒体間の平衡計算を行う。最終的に収束した濃度が各セル・各媒体毎の濃度となる。

4. 試算条件

対象地域は内陸部に位置する地方中核都市を中心とする約12km四方とした。この範囲および周辺には大規模な工業地域は存在していない。

対象物質はベンゼンと1,1,1-トリクロロエタンとした。これは対象地域内の使用量実態調査の結果、比較的风险が大きい可能性があるものを選定した結果である。

発生源データは、固定発生源については対象地域の地方公共団体による調査結果を用い、移動発生源については道路交通量データにベンゼン排出係数を乗じて求めた。

風向頻度分布は周辺の気象観測データに基づいて8方位に集約したものをを用いた。また水量は1級河川についてのみ考慮し、流量年報から年平均値をとって用いた。ヘンリー定数等のパラメータは、文献値をそのまま用いた。

5. 感度解析

前報¹⁾に示したように、上記のような条件での試算を行ったところ、計算値が実測値と比較しておよそ1桁小さい結果が得られた。その原因としては多くの点が考えられるが、まずモデルに含まれるパラメータや仮定が計算結果にどのように影響しているかを把握することを目的として、感度解析を行った。具体的には次の4項目について値をそれぞれ個別に変化させ、それによる計算結果への影響を比較した。風向以外の項目は単純に値を増減したが、風向については対象地域内の風向を90度ずつ回転させることにより、その影響を調べた。

それらの結果を表1に示す。この表から、次のようなことがわかる。まず平衡定数関係については、媒体別にみると次のような順に影響が大きい。

大気 < 地表水 < 底質 = 土壌

風向風速については、当然ながら大気への影響が最も大きくなる。これらを比較した場合、どの項目が最も全体の濃度に対して支配的であるかを決定することは容易ではない。しかし、既報¹⁾のようにベンゼンや主要な有機塩素化合物によるリスクは大気経路が主要な暴露経路であることから、大気を最重要視することにすれば、最も重要な項目は風向風速であるという結論が得られる。そこで、風に関するデータの取り扱いについて、さらに詳細な検討を試みた。

表1(a) ヘンリー定数に関する感度解析結果

物質名	媒体	ヘンリー定数 × 1/2	ヘンリー定数 × 2
ベンゼン	大気	0.995~1.0	1.0 ~1.002
	土壌	1.992~1.997	0.499~0.502
	地表水	1.982~2.0	0.496~0.503
	底質	1.957~1.996	0.5 ~0.501
トリクロロエタン	大気	1.0	1.0
	土壌	1.980~2.009	0.497~0.504
	地表水	1.975~2.0	0.491~0.519
	底質	1.970~2.062	0.485~0.5

表1(b) 吸着定数に関する感度解析結果

物質名	媒体	吸着定数 × 1/2	吸着定数 × 2
ベンゼン	大気	1.0 ~1.002	0.995~1.0
	土壌	0.499~0.502	1.997~2.0
	地表水	1.0	0.993~1.0
	底質	0.5	1.989~1.999
トリクロロエタン	大気	1.0	1.0
	土壌	0.497~0.504	1.980~2.009
	地表水	1.0	1.0
	底質	0.485~0.5	1.992~2.062

表1(c) 風向に関する感度解析結果(大気)

物質名	風向 +90°	風向 +180°	風向 +270°
ベンゼン	0.55~1.61	0.77~1.19	0.79~1.52
トリクロロエタン	0.23~5.05	0.75~1.23	0.19~4.08

表1(d) 風速に関する感度解析結果(大気)

物質名	風速 × 2
ベンゼン	0.555~0.686
トリクロロエタン	0.604~1.038

6. 風データの取り扱い

これまでの試算では、対象地域内の気象は一様であることを仮定し、1地点の風向風速データで全体を代表させていた。しかし前項の検討結果から、風向風速の影響が大きいことが明らかになったため、対象地域を分割して、複数地点の気象データを用いるように変更した。具体的には図3に示すように、対象地域を3区分し、各区域内または近傍に位置する大気常時監視測定局の気象データを用いて、それぞれの区域内の気象を代表させるようにした。なお現段階では、この地域区分の方法に明確な根拠はなく、概略的な区分となっている。

試算結果のうちベンゼンに関するものを図4に示す。ここに見られるように、扱いの変更によって濃度分布は大きく変化している。

これを実測値との比較で見たものが図5および図6である。このように、変更を加えたことによって濃度の空間的分布が実測値に近づいたことがわかる。ただし絶対値に関しては大きな改善は見られず、他の誤差要因の存在を示唆している。

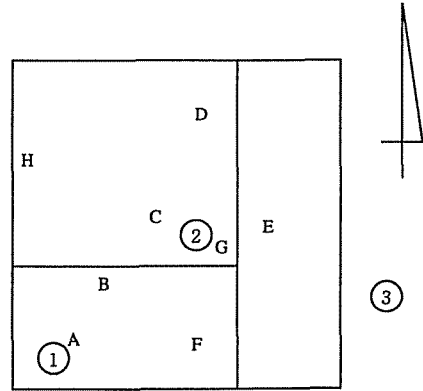
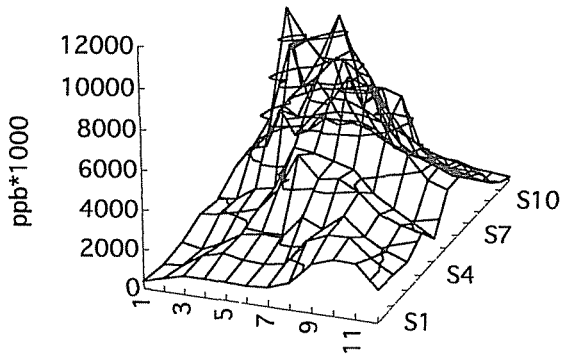
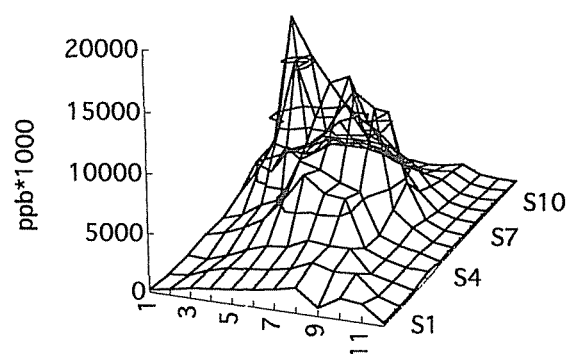


図3 風データの代表区分



(a) 1地点の風データで代表



(b) 地域を3分割して別の風データを使用

図4 風データの扱いによる濃度分布の相違

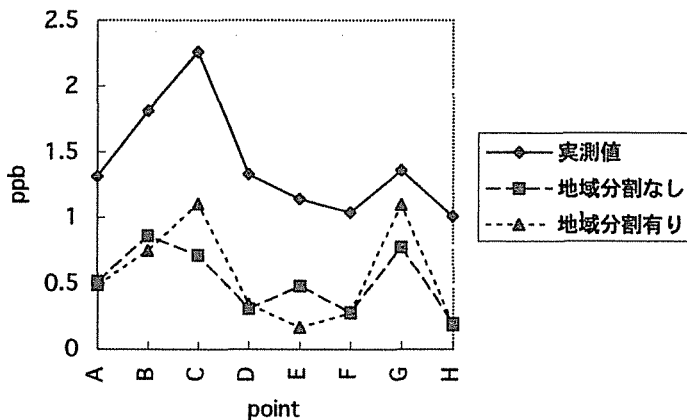


図5 実測値と計算値の比較(ベンゼン)

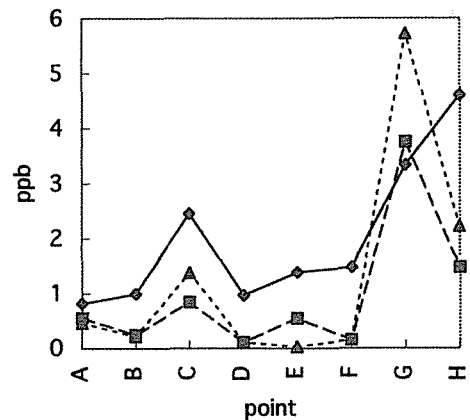


図6 実測値と計算値の比較(トリクロロエタン)

6. 大気汚染物質濃度・気象要素との相関

対象物質の発生源の特性を把握するために、大気汚染物質濃度および気象要素との相関を分析した。なおここでの対象物質としては、前述の2物質の他にトリクロロエチレンとテトラクロロエチレンも加えた。これらの物質の実測は3時間サンプリングが基本となっているため、大気汚染物質濃度や気象要素のデータも同一時間帯の平均値をとった。

得られた相関行列を表2に、相関の高かっ

た組み合わせに関する散布図を図7に示す。ここに示されるように、ベンゼン濃度はNO_xとの相関が比較的高く、自動車発生源が優先していることを示唆している。また気温との間に比較的強い負の相関が見られ、冬季のほうが濃度が高いことを示している。ベンゼン以外の物質については、目立って強い相関は見られず、特定の発生源や気象条件に依存していないことを示している。

表2 化学物質濃度と大気汚染物質濃度・気象要素の相関行列

	ベンゼン	トリクロロエチレン	テトラクロロエチレン	1,1,1-トリクロロエタン
NO _x 濃度	0.810	0.534	0.634	0.489
SO ₂ 濃度	0.345	0.010	0.020	-0.062
オゾン濃度	-0.422	-0.216	-0.261	-0.194
気温	-0.874	-0.007	0.220	-0.054
湿度	0.779	0.401	-0.281	0.561

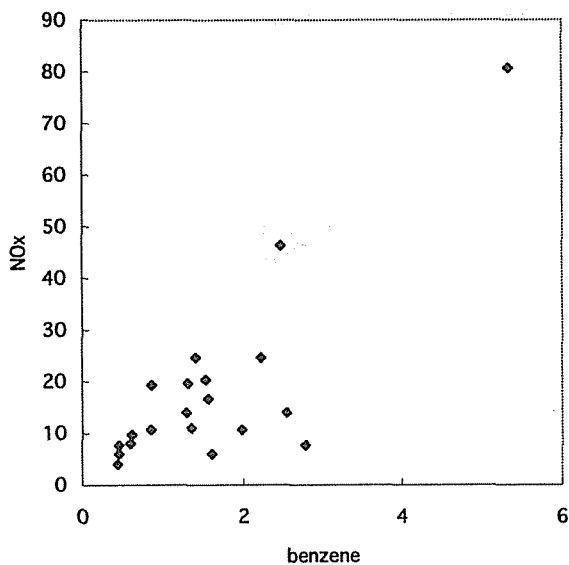


図7(a) ベンゼン濃度とNO_x濃度の相関

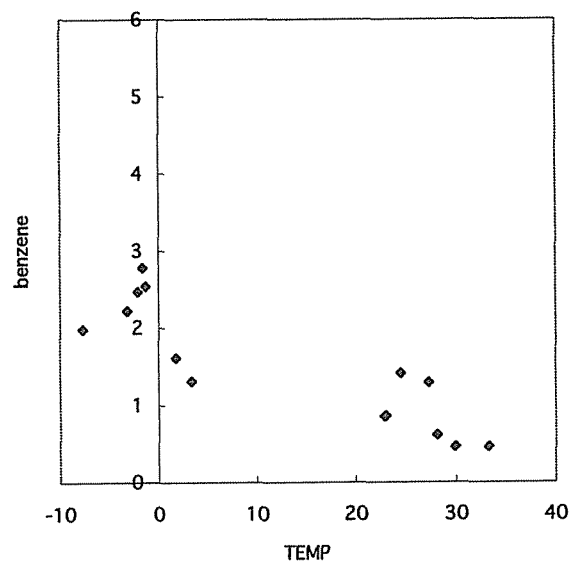


図7(b) ベンゼン濃度と気温の相関

7. 総括

化学物質によるリスクの評価に必要な人体暴露量を把握することを目的として、平衡論モデルに基づく予測モデルを開発した。

前報での実測値と計算値の差異について検討するため、感度解析を行った結果、風向風速データが濃度に対して影響が大きいことが示された。そこで風データの代表性に関する精度を向上させるため、複数地点の気象データを用いるようにしたところ、実測値との整合性に改善が見られた。

また、発生源の特性を把握するために、化学物質濃度と大気汚染物質濃度および気象要素との相関関係を分析したところ、ベンゼンについては自動車発生源の寄与と気象要素の強い影響が見られた。

今後は発生源データの精度の検証やバックグラウンド濃度の評価などを検討する必要がある。

謝辞

本研究は、環境庁企画調整局「総合化学物質対策検討調査」の一環として行われた調査結果をもとに、新たな分析と考察を加えたものである。同庁をはじめ、関係機関の各位に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 名雪哲夫、片谷教孝; 米国における化学物質リスクアセスメント・リスクマネジメントの実施事例、公害と対策、Vol. 24、No. 15、1575-1581 (1988) 及び Vol. 25、No. 2、162-168 (1989)
- 2) US-EPA; Santa Clara Valley Integrated Environmental Management Project - Revised Stage One Report. (1986)
- 3) 片谷教孝、古橋規尊、中杉修身; 化学物質のリスクアセスメントとモデル計算、第2回衛生工学シンポジウム論文集、51-55 (1994)
- 4) 古橋規尊、片谷教孝、中杉修身; 平衡論モデルによる有害化学物質の挙動の予測、第2回衛生工学シンポジウム論文集、56-59 (1994)