

# 広域汚染を引き起こす化学物質とその特性

Characteristic properties of chemicals that may cause large-scale environmental contamination

鈴木 規之\*  
Noriyuki SUZUKI\*

独立行政法人 国立環境研究所 環境リスク研究センター  
Center for Environmental Risk Research, National Institute for Environmental Studies

## 摘 要

広域汚染を引き起こす化学物質の特性を、大気や水など複数の環境媒体にまたがった挙動を記述する多媒体モデルを基礎として説明する。化学物質の広域汚染とは、ストックホルム条約にいう POPs (残留性有機汚染物質) のように、例えば温帯や熱帯域で環境中に排出された化学物質が極域に到達し、その場の生物に濃縮されるような性質であると考えられる。この性質は、単にその物質の大気中の安定性のみならず、多くの環境媒体にまたがった挙動を支配する物理化学的性質と密接な関連がある。こうした多媒体動態の概念、物性値と動態特性、長距離移動ポテンシャルの概要とその応用、さらに今後の動向などについて記述した。

キーワード：化学物質管理，化学物質特性，多媒体モデル，長距離移動ポテンシャル  
Key words：management of chemicals, chemical properties, multimedia model, long-range transport potential

## 1. はじめに

化学物質の広域汚染，特に地球規模の汚染への懸念に対して，ストックホルム条約あるいは2013年10月に採択された水銀に関する水俣条約などいくつかの国際条約に基づく管理が指向されている。ここで，広域汚染を引き起こす化学物質とはどのような特性をもつものかを考えることが本稿の主題である。

広域汚染といってもさまざまなスケールがあり得る。例えば東アジア域を広域と考えることもあり得るが，ここでは地球規模にわたる汚染を広域と考えることにする。

広域汚染を引き起こす化学物質には二つの可能性が考えられる。一つは排出や使用自体が広域にわたっている場合である。このときは物質特性とは必ずしも関係なく，むしろ排出や使用の特性や広域的な使用の分布に起因して広域の汚染が懸念されることになる。工業化学品の中でも特に広く利用される物質の多くにはこの種の懸念が常に存在する傾向があると考えられる。このような物質においては，化学物質の特性とその物質の広域汚染の特性とは関連がある場合もない場合もあろう。

これに対し，ある種の化学物質は，物質の特性として長距離輸送や蓄積を引き起こす可能性がある。このような物質では，仮に排出や使用が限定的であっても広域汚染を引き起こす可能性があるため，物

質の特性としての広域汚染の可能性を予測することが一つの重要な課題になる。本稿では，OECD(経済協力開発機構)で検討された化学物質の残留性，長距離移動性の検討の流れ<sup>1)</sup>におよそ沿って，広域汚染を引き起こす化学物質の特性を論じたモデル研究のいくつかを紹介し，また近年の知見も加えて，化学物質特性と汚染の広域性の関連性についての知識を紹介することとしたい。

## 2. 多媒体環境における化学物質の輸送

化学物質の広域的な挙動をモデル化するためには，現実の複雑極まりない環境をできるだけ単純化して考えつつ，実際の化学物質の環境挙動の本質的な特徴を示せることが重要である。多媒体環境とは，現実の複雑な環境を，大気・水・土壌・底質など，いくつかの異なる性質をもつ環境媒体で構成された区画の集合とみなすときに用いられる。化学物質は，大気や水などの単一媒体中だけにとどまらず，排出先の媒体から別の媒体に移動し，多くの媒体にまたがって分布する可能性がある。多様な性質をもつ化学物質全体を一般的に考察するためには，このような多媒体環境における環境動態を考えることが必要となる。この多媒体環境における化学物質の環境動態を最も簡単な形でモデル化したものがGeneric(ジェネリック)モデルと呼ばれる1ボックス

受付：2014年5月7日，受理：2014年7月3日

\* 〒305-8506 つくば市小野川16-2, e-mail: nsuzuki@nies.go.jp

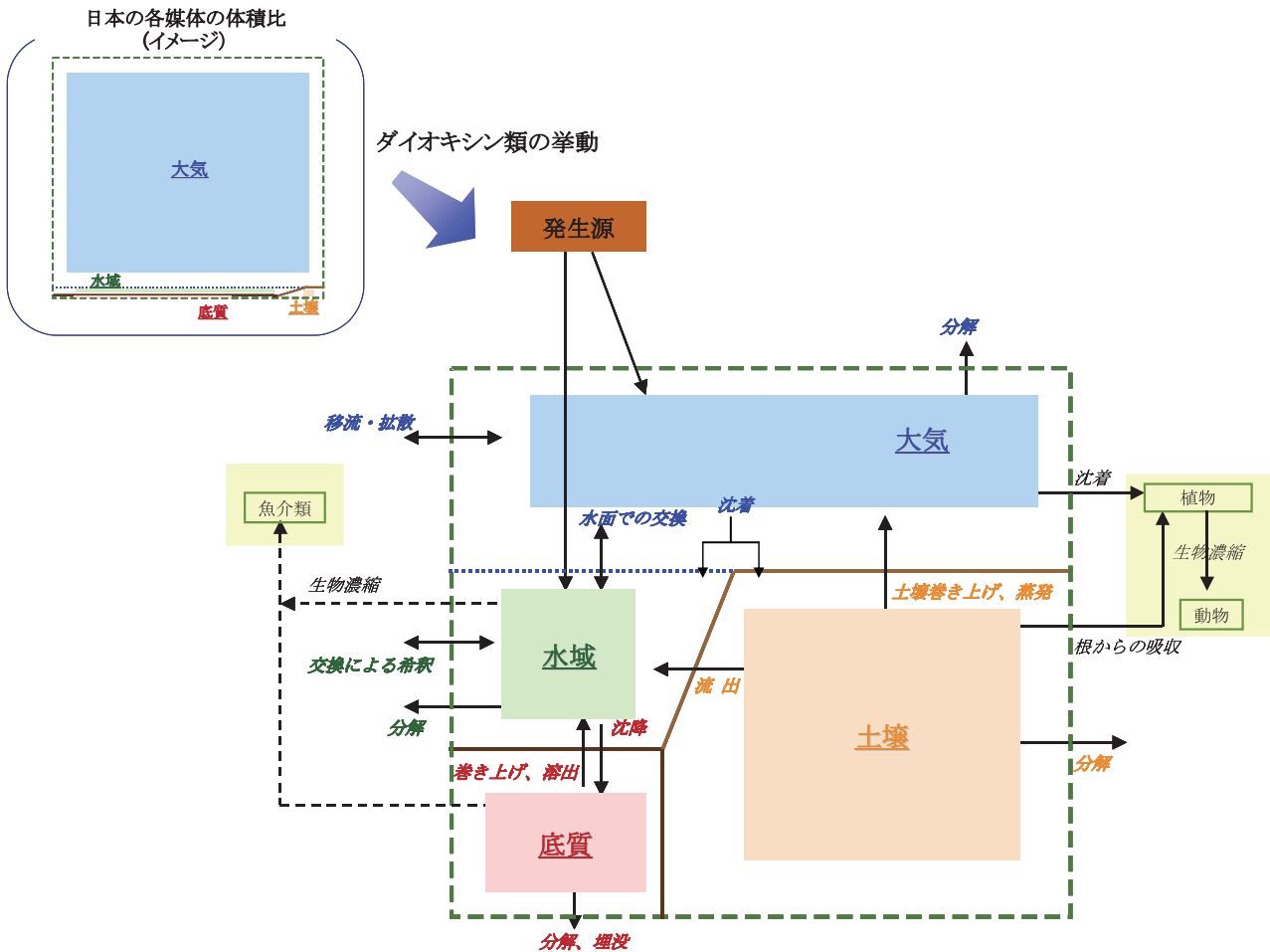


図1 ダイオキシン類を例とする1ボックス型の多媒体モデル(Generic モデル)概念図の例<sup>2)</sup>。

型の多媒体モデル(例：図1)である。

多媒体モデルでは、大気・水・土壌・底質などの複数の環境媒体と、各媒体のサブ要素としての粒子やガスなどの区分の中での化学物質の媒体間の分配や輸送、モデルによってはさらに媒体内の移動などをモデル化する。これによって、化学物質が大気や水などの環境媒体中を相互に輸送される様子が推定される。ストックホルム条約にいう POPs(Persistent organic pollutants, 残留性有機汚染物質)のような物質は、このような複数の媒体間にかなりの程度まで均一に分配される物質である。これは例えば大気汚染物質(あるいは、例えば海洋汚染物質など)のように、基本的に大気中(あるいは水中)のみに大部分が存在して他の媒体に移行しない傾向の強い物質とは異なる性質である。図1のような一般的な多媒体モデルは1ボックス的な環境イメージに基づいており、このままでは汚染が広域かどうかはうまく表現できない。そこで POPs の広域汚染の特性を解析するため、近年いくつかのモデルが作られてきた。

### 3. 化学物質の広域汚染のイメージ

化学物質の広域汚染のイメージとして、POPs の

グラスホッパー輸送<sup>4)</sup>という概念が重要だったのではないだろうか。Wania らのいくつかの報告<sup>(例えば3)</sup>に数種概念図があるが、OECD のワークショップレポートにまとめられた概念図を引用したものが図2<sup>b)</sup>である。

図2のモデルは熱帯域から温帯域、極域までの緯度帯ごとにそれぞれの多媒体環境が存在するとし、それらの間を接合した緯度別多媒体モデルの連結モデルの例である。このモデルでは、例えば低緯度の水域に排出された POPs のような化学物質が、媒体間輸送によって大気に移動し、次いで大気中を高緯度側に移動していくが、気温の低下によって大気から地上に沈着して、さらにその一部が再揮発して高緯度に移動していくような様子を推定することができる。このように、輸送と沈着を繰り返しながら、例えば POPs が次第に高緯度側に輸送されていく様子を、バッタが少しずつ跳躍しながら移動する様子になぞらえて、グラスホッパー輸送と呼称した。では、なぜグラスホッパー的な輸送が起こるのか。大気では物質の分配傾向と温度による分配の変化が重要である。

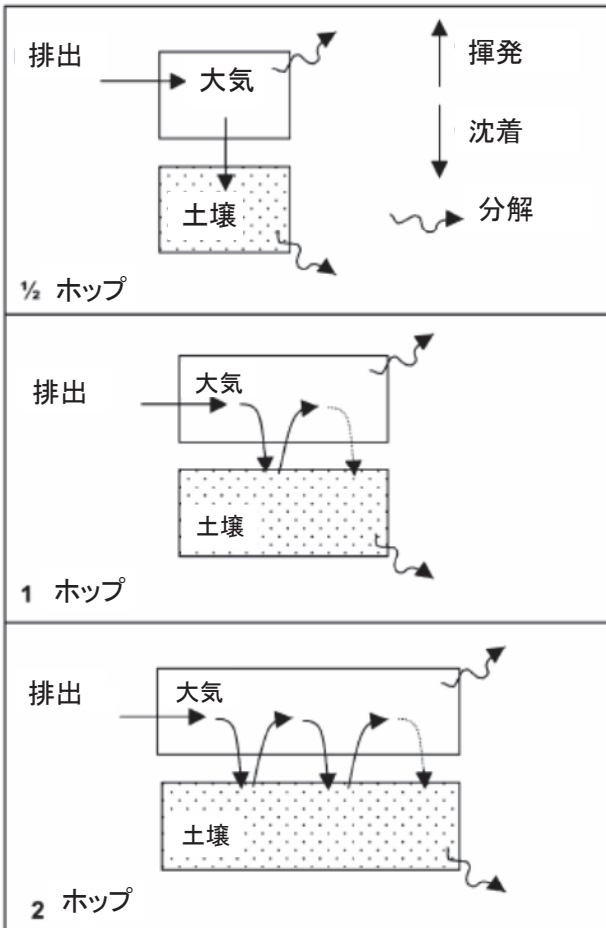


図2 0,1,2 ホップの概念図。  
ホップ数は揮発-沈着サイクルの繰り返し数と考える<sup>4)</sup>。  
(Reprinted from Figure 1 of reference<sup>4)</sup>. Copyright (2004), with permission from Elsevier.)

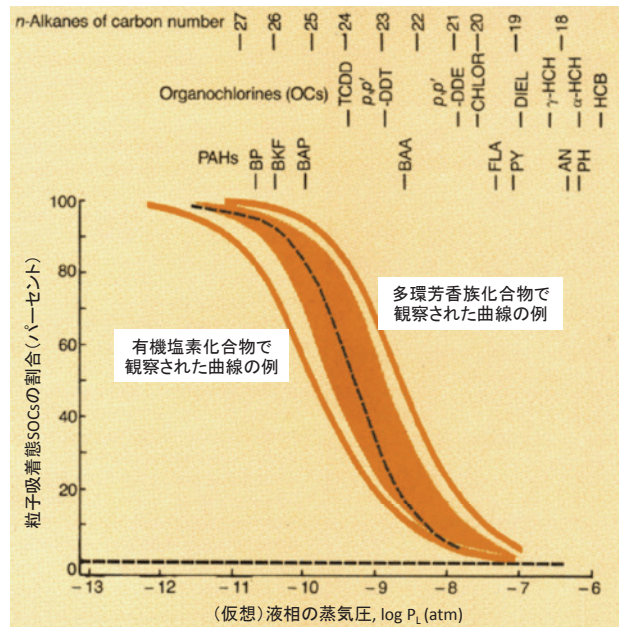


図3 いくつかの代表的な半揮発性有機物(SOCs; Semi-volatile organic compounds) (ここでは有機塩素化合物(OCs; Organochlorine compounds)と多環芳香族化合物(PAHs; Polycyclic aromatic hydrocarbons)を例示)の20°Cにおける蒸気圧と粒子吸着態のSOCsの関係。

環境中で観察された曲線(左:有機塩素化合物の例,右:多環芳香族化合物の例)を両側に,間の色つきは理論式に範囲のある値を与えることによって推定したものである<sup>5)</sup>。

TCDD; Tetrachlorodibenzo-p-dioxin, pp'-DDT; p,p'-Dichloro-diphenyl-trichloroethane, pp'-DDE; p,p'-Dichloro-diphenyl-dichloroethylene, CHLOR; Chlordane, DIEL; Dieldrin,  $\gamma$ -HCH;  $\gamma$ -Hexachlorocyclohexane,  $\alpha$ -HCH;  $\alpha$ -Hexachlorocyclohexane, HCB; Hexachlorobenzene

(Reprinted with permission from Figure 3 of reference<sup>5)</sup>. Copyright (1988) American Chemical Society.)

#### 4. 大気中の粒子-蒸気分配とその温度依存

大気中に存在する物質の一部は大気粒子に吸着し,残りの一部は蒸気として大気ガス相に存在すると思われる。有機物質の大気中粒子-蒸気分配の古典的論文<sup>5)</sup>で図3の整理が示されている。

図3は, SOCs(Semi-volatile organic compounds, 半揮発性有機化合物)の蒸気圧を横軸に, 気温20度の大気中で粒子状物質に吸着されたSOCsの割合を縦軸にプロットしたものである。図から, 液相蒸気圧(説明は省略するが, この種の考察では通常液相の蒸気圧が统一的に用いられる)がおよそ $10^{10}\text{atm} \approx 10^9\text{Pa}$ 程度の有機物で粒子への吸着割合が約半分となり, これは物質としてBaP(Benzpyrene, ベンツピレン)あるいはTCDD(Tetrachlorodibenzo-p-dioxin, 四塩素化ダイオキシン)など4環程度のPAHs(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, 多環芳香族炭化水素)や3環芳香族の塩素置換体のような例示に相当することが示されている。これらより蒸気圧の大きい物質は主にガス相に存在し, したがって, 大気経由の広域輸送を受ける傾向が大きくなる。しかし, 数十%もガス相があればやはり十分な広域輸送を受ける傾向

があると考えられ, かなり揮発性の低い物質でも広域輸送の可能性があることになる。実際の輸送には, さらに沈着や反応などさまざまなプロセスが関連するのでそう単純ではないが, およその傾向としてのSOCsの広域輸送の可能性を示している。

一方, 物質の蒸気圧は温度によって変化し, その結果として粒子-蒸気間の分配傾向も変化することになる。図4は, このような分配過程を導入する多媒体モデルが, 実際にどのように粒子-蒸気間の分配を計算しているかを検討した例<sup>6)</sup>を示す。

図4には, 気温によって粒子-蒸気分配が大きく変化する様子, 並びにその計算結果がモデルによってかなり違いがあり推定の不確実性も大きいことが示されている。ただし, いずれの場合でも地表の平均気温に近い10~20度付近の温度変化で分配が大きく変化する様子が推定されている。このような物質の特性が, POPs等と言われる低緯度から高緯度へのグラスホッパー輸送を説明する基本的なメカニズムの一つであると考えられる。

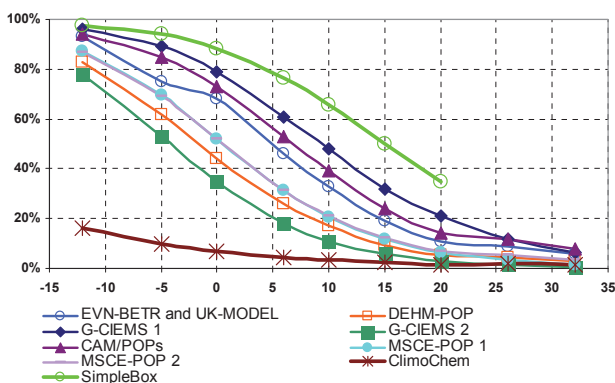


図4 各種のPOPs広域輸送モデルが利用する大気中の粒子-蒸気分配の計算結果(PCB-153の例)<sup>6)</sup>。EVN-BETR(BETR, European scale), DEHM-POP(Danish Eulerian Hemispheric Model Persistent Organic Pollutants), G-CIEMS(Grid-Catchment Integrated Environmental Modeling System), MSCE-POP(Meteorological Synthesizing Centre-East), SimpleBoxはいずれも検討されたPOPsモデルの名称。モデル名の後の数字等は条件の異なるケースを表す。PCB-153(2,2',4,4',5,5'-ヘキサクロロビフェニル)(引用文献<sup>6)</sup>のFigure 7に一部筆者が追記)

### 5. 広域汚染を引き起こす化学物質特性の考え方：長距離移動特性の指標

実際の広域移動特性は、これまで述べた大気中の粒子-蒸気分配とその温度依存性のほか、水・土壌・底質などのさまざまな媒体中の動態特性によって異なる結果を得ることになる。このような多媒体間の動態に基づいて広域汚染を引き起こす物質特性を考えるために、いくつかの新たな多媒体モデルと、広域移動を表す特性- LRTP(Long-range Transport Potential, 長距離移動ポテンシャル)の概念が作られた。実際には、移動特性とともに環境中の化学物

質の残留性が重要であり、移動特性にも残留性が密接な関連をもつが、本稿では残留性の説明は省略する。

長距離移動ポテンシャルにはこれまで大別して二種類の定義が考えられてきた。一つはTransport-orientedタイプの長距離移動ポテンシャルの考え方である。図5にこの種の移動特性の概念<sup>1b)</sup>を示す。

この考え方では、例えば、地表面上を移動する空気塊が、地表との間で媒体間の物質輸送を受けつつ化学物質を輸送するプロセスを想定し、この際にどの程度まで物質が長距離を移動するかを算定しようというものである。物質特性として広域汚染の可能性を算定しようとするもので、CTD(Characteristic Travel Distance)として良く知られている<sup>7)</sup>が、本質的に類似する他の定義も存在する<sup>1b)</sup>。

これに対して、Target-orientedタイプの長距離移動ポテンシャルを考えることができる。よく知られたものの一つがBETRモデル<sup>8)</sup>によるものである。このモデルから、北米大陸から発生した化学物質が五大湖に到達する効率をGLTE(Great Lakes Transfer Efficiency)として算出し、これを化学物質の広域汚染の可能性と考えることができる。

LRTPは他にもいくつもの異なるモデルに基づく別種の定義があり、それぞれ、Transport-oriented又はTarget-orientedの意味合いを異なる定義によって反映している。このような各種のモデルによって得られた物質特性を化学物質空間図(Chemical Space Plot)として比較検討した結果がFennerら<sup>9)</sup>によって図6のようにまとめられている。

図6の化学物質空間図は興味深いものである。図6は、Kaw(すなわち、水-大気分配定数(ヘンリ

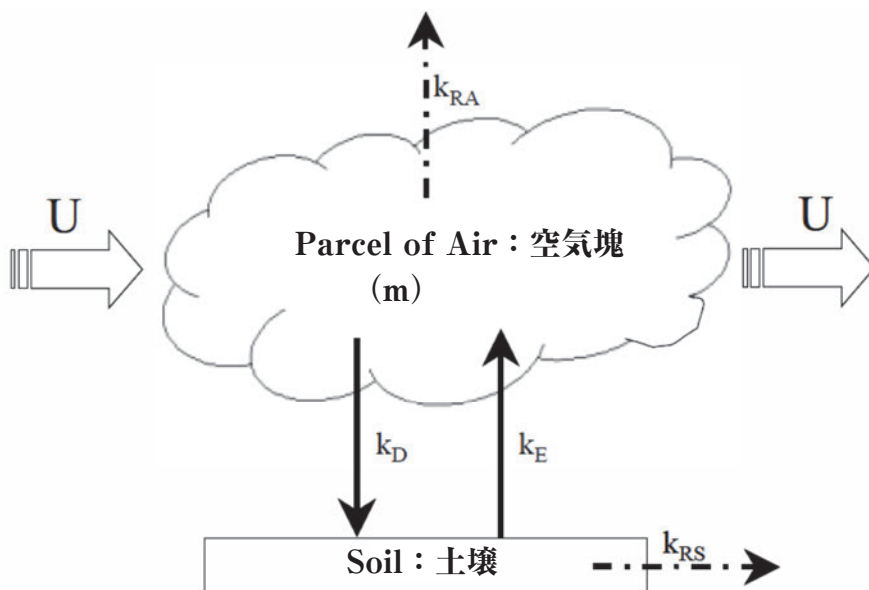


図5 ラグランジュ型の輸送特性としての長距離輸送の計算。土壌の上の大気濃度の変化に基づくもの。ここで、U:風速、 $k_{RA}$ :大気中の反応速度、 $k_D$ :沈着速度、 $k_E$ :揮発速度、 $k_{RS}$ :土壌中の反応速度であり、Stickiness(付着性)又は保持割合  $S = k_{RS} / (k_{RS} + k_E)$  となって正味沈着量は  $k_D S$  となる。特性移動距離(Characteristic Travel Distance, CTD)は  $\frac{U}{k_D + k_D S}$  となる。同様のアプローチが水でも適用できる<sup>1b)</sup>。

一定数に相当))と $K_{ow}$ (水-オクタノール分配定数)の対数値の組み合わせとして表される物性値をもつ物質が、どのようなLRTP指標の大きさをもつかを色分けで示したものである。ChemRange<sup>10)</sup>, ELPOS<sup>11)</sup>, BETR<sup>8)</sup>はLRTP指標を計算したモデルの名称で、このうちChemRangeはTransport-orientedタイプのLRTPをR95(%)として求めており(プロットA), ELPOSは同様にTransport-orientedタイプのLRTPをCTD(km)として求め(プロットB), BETRはTarget-orientedタイプのLRTPをGLTE(%)として求め(プロットC)ている。いずれも青→橙に向かうにつれてLRTPが大きくなり、すなわち広域汚染を引き起こす特性が大きい化学物質と推定される。

図6中のプロットAとBでは、 $K_{aw}$ ,  $K_{ow}$ がともに小さい物性値の組み合わせ領域でLRTPが小さく、これが右上に、すなわち $K_{aw}$ ,  $K_{ow}$ がともに大きくなる方向でLRTPが大きくなる傾向であると見て取れる。ただし、 $K_{ow}$ と $K_{aw}$ がある組み合わせでは水中の移動特性により異なる傾向をもつことが

示されている。

これに対し、プロットCのGLTEは全く傾向が異なっているように見える。ここでは、LRTP(GLTE)が大きくなる物性領域は $K_{aw}$ と $K_{ow}$ が特定の組み合わせとなる物性領域に限られ(図の中央部の濃い橙色の部分)、例えば $\log K_{aw}$ が0に近づいた場合にもLRTPが大きくなることわかれる。各プロットの上端部分は、例えばテトラクロロエチレンのような揮発性が高く安定なVOC(Volatile Organic Compounds, 揮発性有機化合物)的な物質群であり、Transport-orientedなLRTPではこのような物質の値が大きくなるのに対し、Target-orientedなLRTPではこのようなVOC的な物質が広域汚染の可能性は高くないと認識されることになる。

筆者には、これは「広域汚染を引き起こす化学物質」として一つの本質的な示唆のように思われる。広域汚染を引き起こす化学物質として一般に想像されるのはストックホルム条約にいうPOPsのような物質であろうが、これらはいずれも、熱帯~温帯域

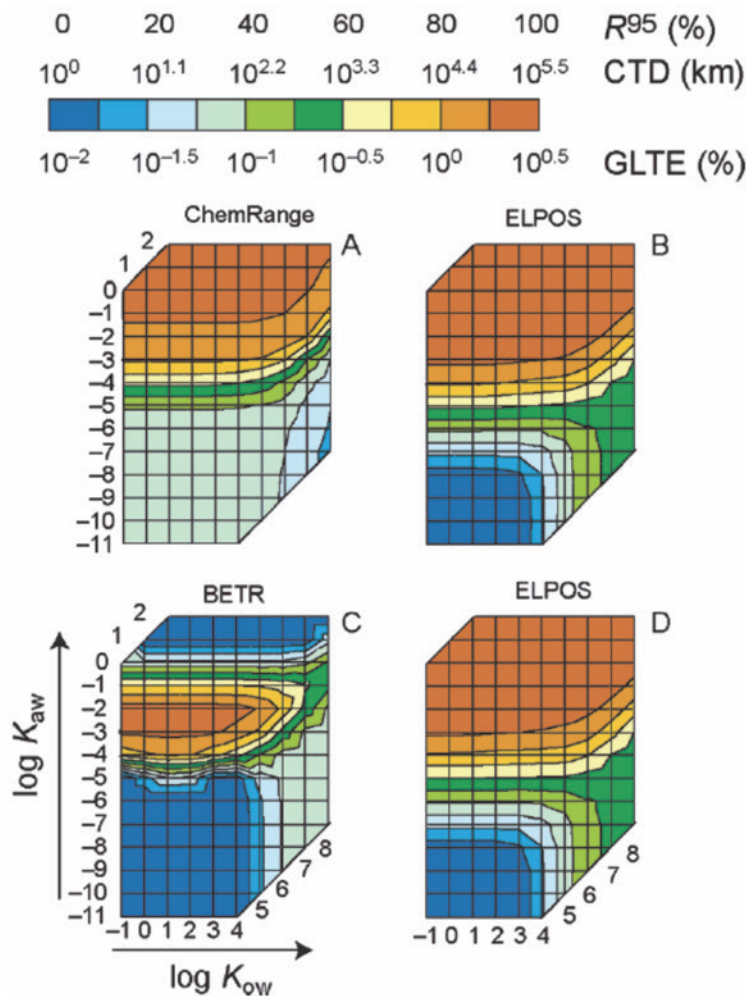


図6 各種の多媒体モデルにより作成したLRTP指標を特性づける $K_{aw}$ と $K_{ow}$ の化学物質空間図<sup>9)</sup>。図中のR95(%)はChemRange<sup>10)</sup>モデル上の地球表面上での到達割合をパーセントで表したものの、CTD(km)はELPOS<sup>11)</sup>モデルによる特性移動距離をキロメートルで表したものの、GLTE(%)はBETR North America(Berkeley-Trent North American contaminant fate model)<sup>8)</sup>モデルによる五大湖への到達率をパーセントで表したもので、四つのプロットはそれぞれの大きさを $\log K_{aw}$ (水-大気分配定数)と $\log K_{ow}$ (水-オクタノール分配定数)の二つの物質特性値に対する推定値を色分けして表示したものである。(Reprinted with permission from Figure 5 of reference<sup>9)</sup>. Copyright (2005) American Chemical Society.)

からの排出が極域の生態系に濃縮される傾向があることが基本的な懸念である。この懸念は例示した中の Target-oriented な LRTP ではよく再現されている。すなわち、物質の長距離移動特性のみでなく、例えば五大湖や極域への媒体間移動の特性が組み合わせられることによって初めて、極域(や五大湖)への広域汚染を引き起こす特性を示すことになる。Transport-oriented な長距離移動特性はこのような Target への移動を引き起こすための必要条件であるから重要である。Transport-oriented な移動特性をもたない物質が、物質の特性としての広域汚染を引き起こす可能性はほぼ考えられないとも言える。大気汚染物質としての視点から見た長距離移動特性は、大気中での Transport-oriented な特性のみに基づいて引き起こされるものともいうことができる。しかし、POPs のような物質は Transport-oriented な特性と Target 領域への媒体間移動の組み合わせによって広域汚染を引き起こす特性を有することになる。このように、広域汚染を引き起こす物質特性は、その物質自身の物理化学的性状、排出源・媒体と影響や懸念をもたれる場所・媒体・環境の組み合わせによって考察されるべきものであるということが出来る。

## 6. LRTP 指標の実際の計算と課題

化学物質の特性の中で、広域汚染を引き起こす可能性は、化学物質が環境に与え得る懸念の中でも最も重大なものの一つであろう。このために LRTP 指標を実際に求めるには何らかのモデルを用いる必要がある。諸モデルの中で、OECD でまとめられた The OECD software tool for screening chemicals for persistence and long-range transport potential<sup>12)</sup> は他の多くのモデルとの整合性などが良く検討された<sup>12b)</sup> モデルである。図 7 は、このツールを用いて、長距

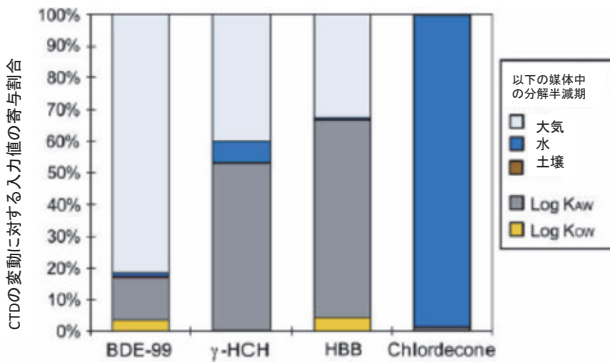


図 7 長距離移動特性 CTD の計算に各媒体の分解速度(半減期)と Kaw, Kow の入力値が与える不確実性の解析<sup>12b)</sup>  
 BDE-99 (2,2',4,4',5 - 5 臭素化ジフェニルエーテル),  
 γ-HCH (γ-6 塩素化シクロヘキサン), HBB (6 臭素化ビフェニル),  
 Chlordecone (クロルデコン).  
 (Reprinted from Figure8 of reference<sup>12b)</sup>. Copyright (2009), with permission from Elsevier.)

離移動特性 CTD の計算に各媒体の分解速度(半減期)及び Kaw, Kow の設定がどのような影響を与えるかを解析した<sup>12b)</sup> 結果を示す。

物質間での異なる物性値のために、検討された BDE-99 (2,2',4,4',5 - 5 臭素化ジフェニルエーテル), γ-HCH (γ-6 塩素化シクロヘキサン), HBB (6 臭素化ビフェニル), Chlordecone (クロルデコン) など多くの物質で大気中の半減期や Kaw など CTD 推定の不確実性に影響を与える一方、水溶性の高い Chlordecone では水経由の移動が主体となり、その半減期の不確実性が CTD の推定に影響を与える様子がわかる。環境媒体中の分解速度は測定や推定が難しい値であるが、これらの値をより正確に得ることが計算の信頼性を確保するために重要であることを示している。

図 8 は、このソフトウェアで現在の POPs 対象物質の性質を求めて化学物質空間図 (Chemical Space Plot) として作成した結果を示している。

図 8 は、POV (overall persistence, 総括残留性) と Transport 及び Target-oriented な 2 種類の LRTP それぞれの計算値を 2 軸にプロットした POPs 及び関連物質の図である。POV は環境全媒体中の化学物質

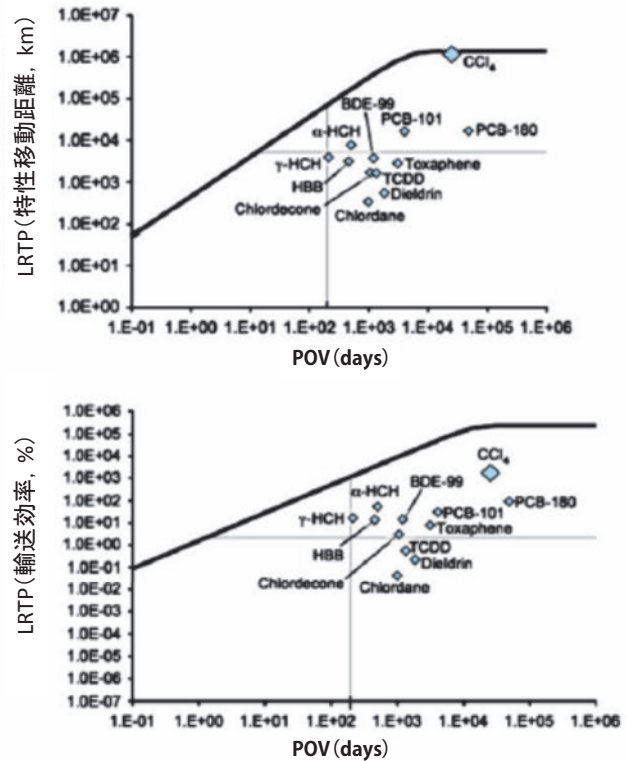


図 8 POV と LRTP によって POPs 及び関連物質をプロットした Chemical Space Plot の例<sup>12b)</sup>  
 POV (総括残留性) は Transport-oriented な、LRTP は Target-oriented な LRTP をそれぞれ示す。図中のアルファベットは物質名である。  
 CCl<sub>4</sub> (四塩化炭素),  
 PCB-101 (2,2',4,5,5'-ペンタクロロビフェニル),  
 PCB-180 (2,2',3,4,4',5,5'-ヘプタクロロビフェニル),  
 Toxaphene (トキサフェン).  
 (Reprinted from Figure7 of reference<sup>12b)</sup>. Copyright (2009), with permission from Elsevier.)

の残留性を総括してあらわす指標として定義されているものである。現在、環境モニタリングやさまざまな知見から POPs と判定されている物質の多くは、この POV-LRTP プロットの右上の領域に属するように観察される(図の斜線のラインは揮発性からくる限界を表しており、このラインより上側に現実的な物性値は存在しえない)。十分に検討された物性値や入力値を準備することができれば、このツールあるいは他のモデルによって、このように広域汚染を引き起こす化学物質特性の可能性を推定することができる。

## 7. 広域汚染を引き起こす化学物質特性の推定方法の今後

これまでは有機物を対象として多媒体モデルを用いた広域汚染の特性について述べてきた。このような広域汚染の可能性のある有機物の特性は、例えば無機物の水銀などでも類似している。水銀は、諸観測の結果から明らかに多媒体間にわたって存在し、大気と水界あるいはこれらと生物界との間、底質との間などの媒体間輸送が見られ、大気や水の媒体の輸送にともなって長距離輸送される可能性がある。水銀のような無機物に対して多媒体動態に基づく方法論を拡張していくことは今後の新たな課題であろう。

一方、より現実の地球規模の輸送を反映した長距離移動特性を考察することも必要であると考えられる。我々の研究室では最近、グローバル多媒体モデルによって算出される Source-receptor 関係の記述に基づいた長距離輸送特性の解析手法を提案しており<sup>13)</sup>、本特集、河合らの章<sup>14)</sup>で論述している。

化学物質管理の中で、広域汚染の可能性をどのように扱うかはまだ完全には定まっていまいに思われる。ストックホルム条約での POPRC (Persistent Organic Pollutants Review Committee, 残留性有機汚染物質検討委員会)の文書にはしばしば LRTP への参照が見られ<sup>(例えば 15)</sup>、国内でも化学物質審査規制法上のリスク評価で検討の試みが見られる<sup>16)</sup>が、さらに検討を進める必要がある。今後は、化学物質管理の中で、物質特性としての広域汚染の可能性、より現実の地球環境における汚染の可能性や分布あるいは生物蓄積までの考察、また、有機物から無機物にわたる広範な物質群についてこのような評価を行っていく体制が求められると考える。

## 引用文献

- 1) (a) Organisation for Economic Co-operation and Development (2004) Guidance Document on the use of Multimedia Models for Estimating Overall Environmental Persistence and Long-range Transport. *OECD Environment Health and Safety Publications Series on Testing and Assessment* 45, OECD, Paris, France.
- (b) Organization for Economic Co-Operation and Development (2002) Report of the OECD/UNEP Workshop on the use of Multimedia Models for estimating overall Environmental Persistence and long range Transport in the context of PBTS/POPs Assessment. *OECD Environment Health and Safety Publications Series on Testing and Assessment* 36, OECD, Paris, France.
- 2) 環境省環境管理局総務課ダイオキシン対策室(2004) ダイオキシン類挙動モデルハンドブック.
- 3) Wania, F. and D. Mackay (1999) Global chemical fate of *a*-hexachlorocyclohexane. 2. Use of a global distribution model for mass balancing, Source apportionment, and Trend Prediction. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18, 1400-1407.
- 4) Gouin, T., D. Mackay, K. C. Jones, T. Harner and S. N. Meijer (2004) Evidence for the "grasshopper" effect and fractionation during long-range atmospheric transport of organic contaminants. *Environmental Pollution*, 128, 139-148.
- 5) Bidleman, T. (1988) Atmospheric Processes. *Environmental Science & Technology*, 22, 361-367.
- 6) Shatalov, V., E. Mantseva, A. Baart, P. Bartlett, K. Breivik, J. Christensen, S. Dutchak, D. Kallweit, R. Farret, M. Fedyunin, S. Gong, K. M. Hansen, I. Holoubek, P. Huang, K. Jones, M. Matthies, G. Petersen, K. Prevedouros, J. Pudykiewicz, M. Roemer, M. Salzmann, M. Scheringer, J. Stocker, B. Strukov, N. Suzuki, A. Sweetman, D. Van de Meent and F. Wegmann (2004) POP Model Intercomparison Study, In : MSC-E, ed., *MSC-E Technical Report*, Meteorological Synthesizing Centre - East, Moscow, Russia.
- 7) Bennett, D. H., T. E. McKone, M. Matthies and W. E. Kastenberg (1998) General Formulation of Characteristic Travel Distance for Semivolatile Organic Chemicals in a Multimedia Environment. *Environmental Science & Technology*, 32, 4023-4030.
- 8) MacLeod, M., D. G. Woodfine, D. Mackay, T. McKone, D. Bennett and R. Maddalena (2001) BETR North America: a regionally segmented multimedia contaminant fate model for North America. *Environmental Science and Pollution research international*, 8, 156-163.
- 9) Fenner, K., M. Scheringer, M. MacLeod, M. Matthies, T. McKone, M. Stroebe, A. Beyer, M. Bonnell, A. C. Le Gall, J. Klasmeier, D. Mackay, D. Van de Meent, D. Pennington, B. Scharenberg, N. Suzuki and F. Wania (2005) Comparing estimates of persistence and

- 1) (a) Organisation for Economic Co-operation and Development (2004) Guidance Document on the use of Multimedia Models for Estimating Overall Environmental Persistence and Long-range Transport.

- long-range transport potential among multimedia models. *Environmental Science & Technology*, 39, 1932-1942.
- 10) Scheringer, M. (1996) Persistence and Spatial Range as Endpoints of an Exposure-Based Assessment of Organic Chemicals. *Environmental Science & Technology*, 30, 1652-1659.
  - 11) Zarfl, C., I. Hotopp, N. Kehrein and M. Matthies (2012) Identification of substances with potential for long-range transport as possible substances of very high concern. *Environmental Science and Pollution Research*, 19, 3152-3161.
  - 12) (a) Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD Pov and LRTP Screening Tool. <<http://www.oecd.org/env/ehs/risk-assessment/oecd-pov-and-lrtp-screening-tool.htm>> (accessed May 6, 2014)
  - (b) Wegmann, F., L. Cavin, M. MacLeod, M. Scheringer and K. Hungerbühler (2009) The OECD software tool for screening chemicals for persistence and long-range transport potential. *Environmental Modelling & Software*, 24, 228-237.
  - 13) Kawai, T., K. Jagiello, A. Sosnowska, K. Odziomek, A. Gajewicz, I. C. Handoh, T. Puzyn and N. Suzuki (2014) A New Metric for Long-Range Transport Potential of Chemicals. *Environmental Science & Technology*, 48, 3245-3252.
  - 14) 河合 治, 鈴木規之, 半藤逸樹(2014) 海洋を含む化学物質の全球動態モデルの構築. 地球環境, 19, 147-154.
  - 15) Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants Persistent Organic Pollutants Review Committee Second meeting (2006) Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its second meeting. Addendum, Risk profile on commercial pentabromodiphenyl ether, United Nations Environment Programme.
  - 16) 独立行政法人製品評価技術基盤機構(2014)化審法における優先評価化学物質に関するリスク評価の技術ガイダンス(NITE案)VII. 暴露評価.



鈴木 規之

Noriyuki SUZUKI

国立環境研究所環境リスク研究センター副センター長。環境工学・環境化学からリスク評価・管理手法までに関心をもって研究を行っている。1990年代に東京大学工学部で水道水中の変異原性物質の研究を行い、当時国内未検出だったMXの同定を行ったことが出発点になった。その後ダイオキシンの環境分析と動態解析の研究を開始し、金沢工業大学助教授を経て2000年に国立環境研究所地域環境研究グループ総合研究官に着任して、GIS多媒体モデルG-CIEMSの開発に取り組んだ。動態解析とリスク評価・管理の概念論、方法論に引き続き取り組んでいきたい。

---