

第2章 曝露経路調査

I 主要曝露媒体の推定

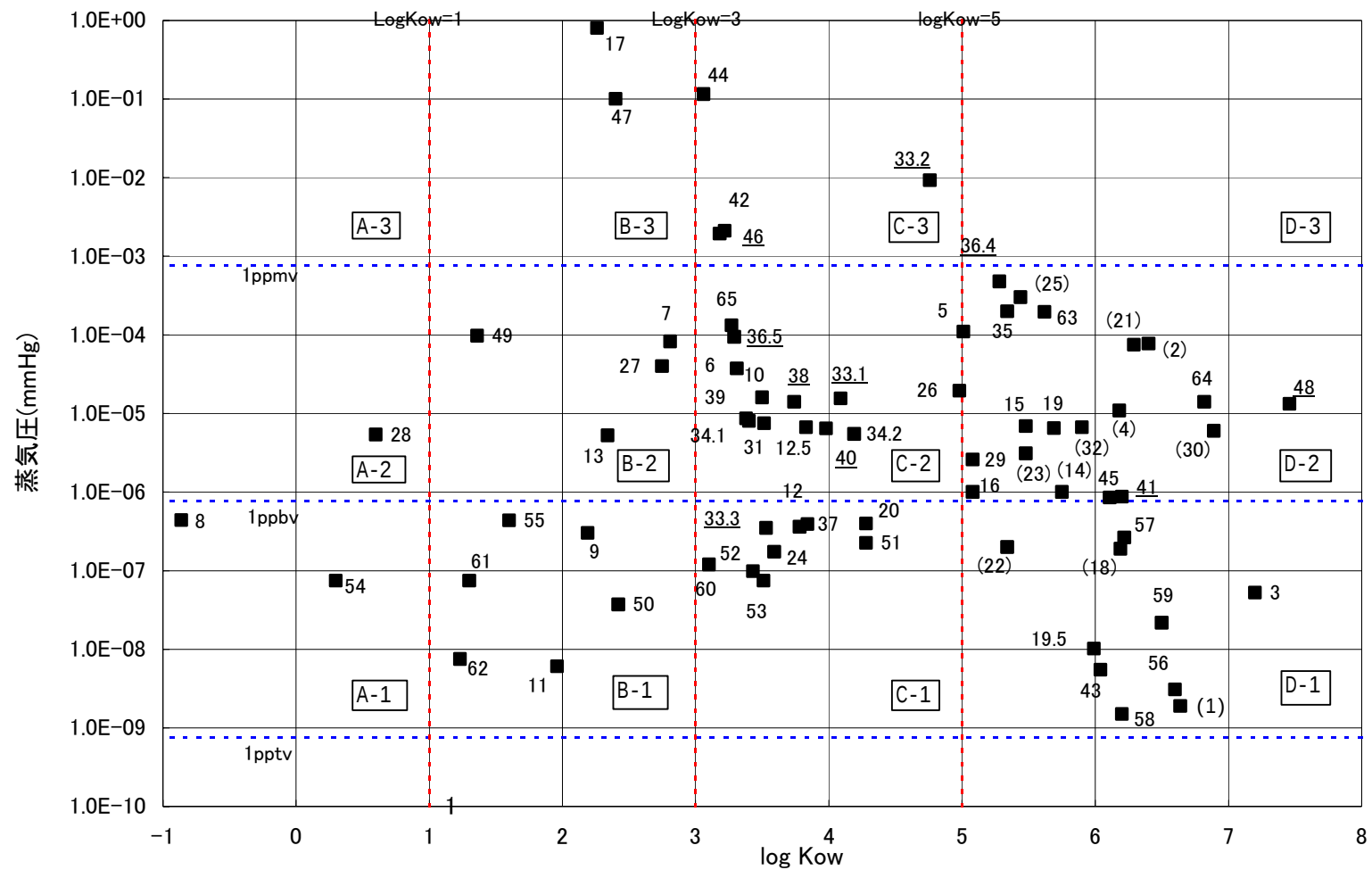
現在、内分泌攪乱作用を有すると疑われる化学物質(以下「対象物質」)として、65種類の物質が挙げられているが、それらにはダイオキシン類やPCBといった難分解性の有機化合物や水への溶解性が非常に高い農薬(メソミルやアミトロール)等、物性の面で多種多様なものが含まれている。化学物質は環境中で物性に応じた特徴的な存在状況を示すと考えられ、その解析は今後の曝露評価においても有用と考えられる。

そこで、ここでは環境中の存在状況を物性に基づいたモデルにより解析した。

1. 対象物質の物性等による区分

物性値として収集したものは水溶解度、オクタノール・水分配係数、ヘンリー則定数、蒸気圧の4種類である。このうち水溶解度とオクタノール・水分配係数、ヘンリー則定数とオクタノール・水分配係数には相関関係が見られるため、比較的関連性が低いと考えられる蒸気圧とオクタノール・水分配係数による区分を行った。この関係は図1に示すとおりである。

この図からも、難分解性の物質は $\log K_{ow}$ が5以上の部分にのみ存在するといった特徴が認められる。



1. 図中の数字はSPEED'98でのNo.を示す。
2. 括弧付き数字はPOPsを、下線付き数字は2000年11月に選定された8物質を示す。

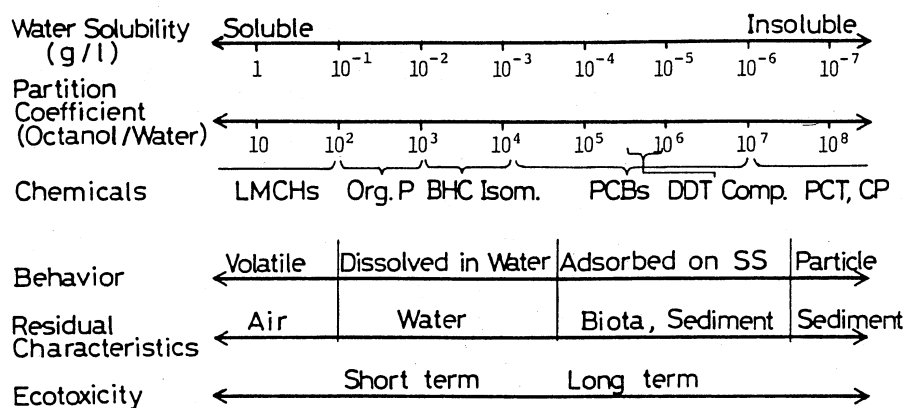
図 1 オクタノール・水分配係数と蒸気圧の関係

凡例 内分泌攪乱作用を有すると疑われる化学物質 (SPEED'98、2000 年 11 月版より作成)

1	ダイオキシン類	34	トリフェニルスズ
2	ポリ塩化ビフェニール類(PCB)	35	トリフルラリン
3	ポリ臭化ビフェニール類(PBB)	36.4 36.5	4-オクチルフェノール ノニルフェノール
4	ヘキサクロロベンゼン(HCB)	37	ビスフェノール A
5	ペンタクロロフェノール(PCP)	38	フタル酸ジ-2-エチルヘキシル
6	2,4,5-トリクロロフェノキシ酢酸	39	フタル酸ブチルベンジル
7	2,4-ジクロロフェノキシ酢酸	40	フタル酸ジ-n-ブチル
8	アミトロール	41	フタル酸ジシクロヘキシル
9	アトラジン	42	フタル酸ジエチル
10	アラクロール	43	ベンゾ(a)ピレン
11	C A T(シマジン)	44	2,4-ジクロロフェノール
12 12.5	ヘキサクロロシクロヘキサン, エチルパラチオン	45	アジピン酸ジ-2-エチルヘキシル
13	NAC(カルバリル)	46	ベンゾフェノン
14	クロルデン	47	4-ニトロトルエン
15	オキシクロルデン	48	オクタクロロスチレン
16	<i>trans</i> -ノナクロル	49	アルディカーブ
17	1,2-ジブromo-3-クロロプロパン	50	ベノミル
18	DDT	51	キーボン(クロルデコン)
19 19.5	<i>p,p'</i> -DDE <i>p,p'</i> -DDD	52	マンゼブ(マンコゼブ)
20	ケルセン	53	マンネブ
21	アルドリノ	54	メチラム
22	エンドリン	55	メトリブジン
23	ディルドリン	56	シベルメトリン
24	エンドスルファン(ベンゾエピン)	57	エスフェンバレレート
25	ヘブタクロル	58	フェンバレレート
26	ヘブタクロルエポキサイド	59	ベルメトリン
27	マラチオン	60	ピンクロゾリン
28	メソミル	61	ジネブ
29	メトキシクロル	62	ジラム
30	マイレックス	63	フタル酸ジペンチル
31	ニトロフェン	64	フタル酸ジヘキシル
32	トキサフェン	65	フタル酸ジプロピル
33	トリブチルスズ		

2. 物性による環境中の存在状況の推定

田辺ら(1981)¹⁾は物質のオクタノール・水分配係数(及びこの関係性の高い水溶解度)をもって環境中の主たる存在状況(大気、水、生物及び底泥、底泥)等を論議している(図 2)。



第13図 沿岸域および河口域における人工有機化合物の動態と影響

図 2 環境中の主たる存在状況(田辺ら、1981)

ここでは、いくつかの物性値から多媒体における化学物質の存在状況を推定できるフガシティーモデル(レベル I)を用いて環境中の存在状況を検討した。フガシティーモデルの詳細は参考資料に示す。

対象物質の中から、物性の傾向が異なる代表的な化学物質(以下「代表物質」)を選定して、それらについて検討を行った。代表物質は、図 1 で log K_{ow} と蒸気圧で均等な区分けを行い、図中の A ~ D 及び 1 ~ 3 の計 12 区分から 1 物質ずつ選定した(表 1)。

モデルに用いたユニットワールドは、後に全国一斉調査結果との照合を考慮し、日本全体を含む範囲を対象とした。また、モデルに用いた有機炭素・水分配係数(K_{oc})、生物濃縮係数(BCF)は、オクタノール・水分配係数(K_{ow})からの推定値を用いた。これらの物性値は表 2 にまとめた。

表 1 代表物質

		log K _{OW}			
		～ 1	1 ～ 3	3 ～ 5	5 ～
大気中の 飽和濃度	1ppm ～	—	4-ニトロトルエン	2,4-ジクロロフェノール	—
	1ppb ～	メソミル	2,4-ジクロロフェノキシ酢酸	フタル酸ブチルベンジル	ヘキサクロロベンゼン
	1ppt ～	アミトロール	メトリブジン	マンネブ	p,p'-DDT

注: 蒸気圧は、大気中の飽和濃度(v/v)に換算して区分した。

表 2 物性パラメータの値

物質名	オクタノール・水 分配係数 $\log K_{OW} (-)$	有機炭素・水 分配係数 $\log K_{OC} (-)$	生物濃縮係数 $K_B (-)$	ヘンリー則定数 $H (\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{mol})$
アミトロール	-0.86	-1.06	0.0270	2.24×10^{-8}
メソミル	0.6	0.40	0.575	2.00×10^{-6}
メトリブジン	1.60	1.40	4.68	1.19×10^{-5}
2,4-ジクロロフェノキシ酢酸 (2,4-D)	2.81	2.61	59	3.59×10^{-3}
4-ニトロトルエン	2.40	2.20	25	5.70×10^{-1}
マンネブ	3.51	4.52	255	4.92×10^{-4}
フタル酸ブチルベンジル (BBP)	3.38	3.18	194	1.28×10^{-1}
2,4-ジクロロフェノール	3.06	2.86	99.5	5.58×10^{-1}
p,p'-DDT	6.19	5.99	17000	8.43×10^{-1}
ヘキサクロロベンゼン	6.18	5.98	17000	1.72×10^2

フガシティーモデルによる計算結果を表 3に、環境濃度の実測値との比較を表 4 に、各媒体中の相対濃度の比較を図 3に示した。

環境濃度の実測値と比較した結果では、すべての物質で 1 桁以内の差あるいは定量下限の取扱いの関連から妥当な結果と考えられるものであった。

また明らかなように、 K_{OW} が小さいほど水中濃度は高く、逆に K_{OW} が高いほど底泥中濃度及び土壌中濃度は高い傾向が見られた。

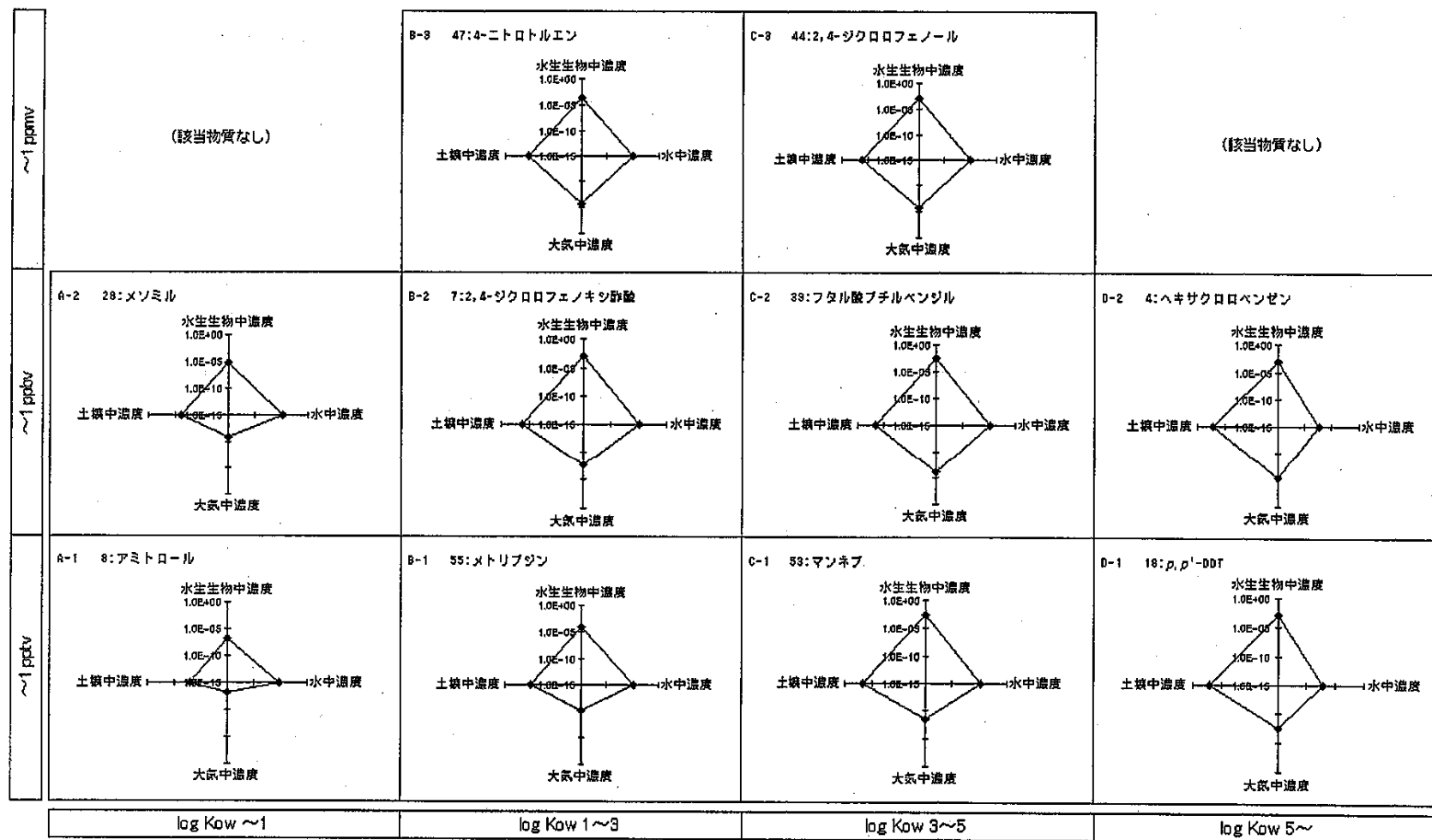
さらに、底泥中濃度、土壌中濃度及び水生生物中濃度は蒸気圧が高い物質ではむしろ少なく、それらの物質では大気中濃度が高くなることが認められた。また、水生生物中濃度は $\log K_{OW}$ が 3～5 の物質でもっとも高くなることが認められた。

これらのことから、水、土壌、大気、水生生物をそれぞれ飲料水、土壌、大気、食品の曝露媒体に近似すると想定すると、 K_{OW} が小さいほど飲料水からの曝露が大きいと考えられる。また蒸気圧が大きいほど大気からの曝露の比率が高くなるものと思われる。

表 3 代表物質の濃度(相対値)

コンパートメント	アミトール	メソミル	トリブジン	2,4-ジクロロフェノ酢酸	4-ニトロフェン
大気(1/m ³)	6.2×10^{-14}	1.1×10^{-11}	8.3×10^{-11}	2.2×10^{-8}	2.2×10^{-6}
土壌(1/kg)	1.2×10^{-8}	6.6×10^{-7}	8.6×10^{-6}	1.2×10^{-4}	3.0×10^{-5}
水 (1/L)	6.8×10^{-6}	1.3×10^{-5}	1.7×10^{-5}	1.5×10^{-5}	9.6×10^{-6}
水生生物(1/kg)	1.8×10^{-7}	7.6×10^{-6}	8.1×10^{-5}	9.0×10^{-4}	2.4×10^{-4}
懸濁質(1/kg)	2.4×10^{-8}	1.3×10^{-6}	1.7×10^{-5}	2.5×10^{-4}	6.1×10^{-5}
底泥(1/kg)	2.4×10^{-8}	1.3×10^{-6}	1.7×10^{-5}	2.5×10^{-4}	6.1×10^{-5}

コンパートメント	マンネブ	フタル酸 ブチルベンジル	2,4-ジクロロフェノール	p,p'-DDT	ヘキサクロベンゼン
大気(1/m ³)	2.2×10^{-9}	7.7×10^{-7}	2.1×10^{-6}	2.2×10^{-8}	3.6×10^{-6}
土壌(1/kg)	4.6×10^{-4}	4.5×10^{-4}	1.4×10^{-4}	1.3×10^{-3}	9.7×10^{-4}
水 (1/L)	1.1×10^{-5}	1.5×10^{-5}	9.4×10^{-6}	6.6×10^{-8}	5.1×10^{-8}
水生生物(1/kg)	2.9×10^{-3}	2.9×10^{-3}	9.3×10^{-4}	1.1×10^{-3}	8.7×10^{-4}
懸濁質(1/kg)	9.2×10^{-4}	9.1×10^{-4}	2.7×10^{-4}	2.6×10^{-3}	1.9×10^{-3}
底泥(1/kg)	9.2×10^{-4}	9.1×10^{-4}	2.7×10^{-4}	2.6×10^{-3}	1.9×10^{-3}



注: 各媒体の相対濃度及び単位は表3を参照。

図 3 代表物質の媒体別モル濃度(相対値)