

大気の汚染に係るダイオキシン類  
環境基準専門委員会報告（案）

平成11年10月

中央環境審議会大気部会

ダイオキシン類環境基準専門委員会

# 大気の汚染に係るダイオキシン類環境基準専門委員会報告目次

## はじめに

### 1. 耐容一日摂取量

#### 2. 曝露評価

##### 2.1. 環境中の挙動

###### 2.1.1. 発生源と排出実態

###### 2.1.2. 環境中濃度等

###### (1) 大気

###### (2) その他の環境媒体

###### (3) 食品

###### (4) その他

###### 2.1.3. 人への曝露経路

##### 2.2. 人への曝露量

###### 2.2.1. 血液や母乳中のダイオキシン類濃度について

###### 2.2.2. 曝露量について

###### (1) 算定に当たっての前提条件

###### (2) 想定摂取態様別の類型群について

###### 2.2.3. 吸収量への換算について

#### 3. 環境基準値の設定について

##### 3.1. 大気経由割合に関する検討

##### 3.2. 人への曝露に関する試算

##### 3.3. 諸外国の曝露評価に関する事例

##### 3.4. 環境基準の算定

##### 3.5. 適用範囲

##### 3.6. 達成期間

##### 3.7. 測定及び評価

#### 4. 今後の課題

## おわりに

### 参考資料

# 大気の汚染に係るダイオキシン類環境基準専門委員会報告

## はじめに

平成11年7月、ダイオキシン類対策特別措置法が制定・公布された。同法第7条では、「ダイオキシン類による大気の汚染、水質の汚濁（水底の底質の汚染を含む。）及び土壤の汚染に係る環境上の条件について、（略）…人の健康を保護する上で維持されることが望ましい基準を定める」こととされている。また、平成7年9月20日には、環境庁長官から中央環境審議会に「今後の有害大気汚染物質対策のあり方について」諮問が行われた。

こうしたことを受け、平成11年7月1日に、中央環境審議会大気部会にダイオキシン類環境基準専門委員会が設置された。本専門委員会においては、有害大気汚染物質のうち、特に、「ダイオキシン類の環境基準の設定に係る専門的事項を調査審議する」こととされており、付託された事項について調査・審議を重ねてきたところである。

本報告は、ダイオキシン類の大気の汚染に係る環境基準について以下のとおり検討結果をとりまとめたものである。

（参考）ダイオキシン類とは、ポリ塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシン（以下、「PCDD」）・ポリ塩化ジベンゾフラン（以下、「PCDF」）・コプラナーポリ塩化ビフェニル（以下、「コプラナー-PCB」）を合わせた総称とする（なお、以下、PCDDとPCDFを合わせて、「PCDD+PCDF」と表記する）。ダイオキシン類は、PCDDには75種類、PCDFには135種類、コプラナー-PCBには12種類の異性体があり、その毒性は異性体ごとに異なるため、2,3,7,8-四塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシン（以下、「2,3,7,8-TeCDD」）の毒性を1とした毒性等価係数（TEF）を用いて、2,3,7,8-TeCDDの毒性に換算し、毒性等量（TEQ）として表示する。なお、平成9年度以前の内外の調査・研究事例を除き（一般に以下のTEFとは異なるTEFを用いている）特に断りがない場合、毒性等価係数は世界保健機関（WHO）が提案したTEF（以下、「WHO-TEF(1998)」という。）を用いる（表1）。（：WHO-TEF(1998)は、1997年にWHOから提案されたことから、従来WHO-TEF(1997)とされていた。）

また、ダイオキシン量は、毒性等量（TEQ）を用いて、pg-TEQのように表記するものとする。また、文中のpg-TEQ/kg/日はpg-TEQ/kg 体重/日を表すものとする。

また、「曝露量」・「摂取量」・「吸收量」については、特に断りがない場合は、「曝露量」・「摂取量」は、各媒体から人が外的に取り込む量で、実際に吸収する量を示さない。一方で、「吸收量」は、実際に体内に取り込まれる量を示す。

表1 PCDD+PCDF及びコプラナー-PCBの毒性等価係数（WHO-TEF(1998)）

PCDD, PCDF	WHO-TEF (1998)	コプラナ ー-PCB	異性体	IUPAC No.	WHO-TEF (1998) For Humans /Mammals
2,3,7,8-T <sub>e</sub> CDD	1				
1,2,3,7,8-P <sub>e</sub> CDD	1				
1,2,3,4,7,8-H <sub>x</sub> CDD	0.1	ノン	3,4,4',5-T <sub>e</sub> CB	# 81	0.0001
1,2,3,6,7,8-H <sub>x</sub> CDD	0.1	オルト	3,3',4,4'-T <sub>e</sub> CB	# 77	0.0001
1,2,3,7,8,9-H <sub>x</sub> CDD	0.1	(Non- ortho)	3,3',4,4',5-P <sub>e</sub> CB	#126	0.1
1,2,3,4,6,7,8-H <sub>p</sub> CDD	0.01		3,3',4,4',5,5'-H <sub>p</sub> CB	#169	0.01
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD	0.0001				
2,3,7,8-T <sub>e</sub> CDF	0.1	モノ	2',3,4,4',5-P <sub>e</sub> CB	#123	0.0001
1,2,3,7,8-P <sub>e</sub> CDF	0.05	オルト	2,3',4,4',5-P <sub>e</sub> CB	#118	0.0001
2,3,4,7,8-P <sub>e</sub> CDF	0.5	(Mono- ortho)	2,3,3',4,4'-P <sub>e</sub> CB	#105	0.0001
1,2,3,4,7,8-H <sub>x</sub> CDF	0.1		2,3,4,4',5-P <sub>e</sub> CB	#114	0.0005
1,2,3,6,7,8-H <sub>x</sub> CDF	0.1		2,3',4,4',5,5'-H <sub>p</sub> CB	#167	0.00001
1,2,3,7,8,9-H <sub>x</sub> CDF	0.1		2,3,3',4,4',5-H <sub>p</sub> CB	#156	0.0005
2,3,4,6,7,8-H <sub>x</sub> CDF	0.1		2,3,3',4,4',5'-H <sub>p</sub> CB	#157	0.0005
1,2,3,4,6,7,8-H <sub>p</sub> CDF	0.01		2,3,3',4,4',5,5'-H <sub>x</sub> CB	#189	0.0001
1,2,3,4,7,8,9-OCDF	0.0001				
他のPCDD, PCDF	0				

## 1. 耐容一日摂取量

環境庁・厚生省の合同審議会から、「ダイオキシンの耐容一日摂取量（TDI）について」<sup>1)</sup>が報告された。このTDIについては、1998年のWHO専門家会合におけるTDI見直しの考え方等を踏まえつつ、ダイオキシン類の毒性には直接的な遺伝子傷害性がないと判断し、動物を用いた各種毒性試験結果から推定したヒトでの最小毒性量（LOAEL）に不確実係数を適用する方法が用いられている。この際、ダイオキシン類のように蓄積性が高く、その程度に大きな種差が見られる物質については、TDIを求めるには一日あたりの摂取量でなく、体内負荷量に着目する方が適当であるとされ、各種毒性試験の結果を総合的に判断し、おおむね86ng/kg前後がTDIの算定根拠とする体内負荷量とされた。以上より、当面の間のダイオキシン類のTDIは、既存の科学的知見を対象とした論議を踏まえ、86ng/kgの体内負荷量の値に対応する人の一日摂取量を求め、不確実係数の10を適用し、コプラナーPCBも含め、4pg-TEQ/kg/日とすることが適当とされたものである。また、TDIは生涯にわたって摂取し続けた場合の健康影響を指標とした値であって、一時的に多少超過しても健康を損なうものではないことに留意する必要があるとされているところである。

## 2. 曝露評価

### 2.1. 環境中の挙動

ダイオキシン類のうちPCDD及びPCDFの主要な発生源については、燃焼発生源と非燃焼発生源に大別され、日本国内においては、現時点では都市ごみ焼却からの発生量が最大の寄与を占めると考えられている。

大気中に放出されたダイオキシン類（特に、PCDD+PCDF）は、主に乾性・湿性沈着によって地表ないし農作物表面に到達すると考えられる。土壤に到達したダイオキシン類は主に粒子状物質に吸着して水域や底質に分配され、最終的に土壤及び底質が環境中における最大のシンク（降下、蓄積場所）になると推定されるが、これらの環境挙動は、現時点においても不明な点が多い状況である。

ダイオキシン類は環境中で一般に非常に安定で、長期間残留すると考えられている。大気、土壤あるいは底質いずれの環境媒体中でもダイオキシン類の分解は起こるが、その速度は非常に緩やかであると考えられる。したがって、環境中に放出されたダイオキシン類は、環境内での移動は起こるが、環境中の総量変化は小さく、長期間にわたって残留する可能性がある。

コプラナーPCBについては、PCDD及びPCDFと同様の発生源も一部考えられるものの、全体としてみると、その発生源は不明な部分が大きく、また、各環境媒体中濃度、異性体の割合、物性の相違なども考えられることから、上述の経路以外での挙動に関する知見が必要であると考えられる。しかし、現時点ではそうした知見は不足しており、今後の更なる調査研究が望まれる。

### 2.1.1. 発生源と排出実態

ダイオキシン類の発生源については、本年6月に環境庁より発表された「ダイオキシン排出抑制対策検討会第二次報告」<sup>2)</sup>の中で検討されている。同報告では、ダイオキシン類の排出量の目録（排出インベントリー）が整備されている。

PCDD 及び PCDF の排出総量は平成 9 年には約 6,400g、平成 10 年には約 2,900g と試算されており、このうちの大部分は廃棄物焼却施設から大気への排出である。

## 2.1.2. 環境中濃度

### (1) 大気

現状におけるダイオキシン類の大気環境濃度は平成 10 年度緊急全国一斉調査によると(大気は夏、秋、冬及び春の 4 回測定)表 2.1a,b のとおりであった。各地点分類(発生源周辺(重点地域含む)、大都市、中小都市及びバックグラウンド)間のダイオキシン濃度レベルについて比較すると、発生源周辺、大都市・中小都市、バックグラウンドの順で低くなる傾向にあった。

表 2.1a ダイオキシン類の大気環境濃度(10 年度緊急全国一斉調査)<sup>3)</sup> 単位: pg-TEQ/m<sup>3</sup>

	平均値	中央値	範囲	地点数
PCDD+PCDF	0.22	0.15	0.0 ~ 1.8	387
コプラナー-PCB	0.013	0.011	0.0 ~ 0.074	100
合計 (共通地点のみ)	0.23	0.17	0.0017 ~ 0.70	100

表 2.1b 大気中ダイオキシン類濃度の地域分類(10 年度緊急全国一斉調査)<sup>3)</sup> 単位: pg-TEQ/m<sup>3</sup>

	地点数	平均値	中央値	範囲
PCDD+PCDF				
重点地域を含む発生源周辺	138	0.25	0.17	0.00030 ~ 1.8
大都市地域	118	0.22	0.15	0.00050 ~ 1.1
中小都市地域	118	0.18	0.13	0.0 ~ 0.86
バックグラウンド地域	7	0.013	0.0062	0.0 ~ 0.067
沿道	3	0.44	0.60	0.00093 ~ 0.72
沿道後背地	3	0.44	0.61	0.014 ~ 0.70
(参考) ダイオキシン類( PCDD+PCDF+ コプラナー-PCB ) (共通して測定している地点のみ)				
重点地域を含む発生源周辺	64	0.25	0.19	0.015 ~ 0.70
大都市地域	26	0.21	0.18	0.0050 ~ 0.53
中小都市地域	6	0.20	0.15	0.0017 ~ 0.66
バックグラウンド地域	4	0.021	0.0058	0.0018 ~ 0.071

また、PCDD+PCDF の大気環境濃度については、平成 10 年度の地方公共団体におけるモニタリング調査<sup>4)</sup>がなされており、夏期及び冬期を含め年 2 回以上測定した全国 458 地点の平均値は 0.23pg-TEQ/m<sup>3</sup> (0.0 ~ 0.96pg-TEQ/m<sup>3</sup>) であった。これを一般環境、発生源周辺、沿道で地域分類すると、順に、381 地点で、平均値は 0.23pg-TEQ/m<sup>3</sup> (0.0 ~ 0.96pg-TEQ/m<sup>3</sup>)、61 地点で、平均値は 0.20pg-TEQ/m<sup>3</sup> (0.00027 ~ 0.65pg-TEQ/m<sup>3</sup>)、16 地点で、平均値は 0.19pg-TEQ/m<sup>3</sup> (0.0030 ~ 0.48pg-TEQ/m<sup>3</sup>) であった。また、この結果と平成 10 年度緊急全国一斉調査結果のうち、平成 9 年度と平成 10 年度に継続して調査を実施した地点は 52 地点あり、これらの地点における平成 10 年度の PCDD+PCDF 濃度の平均値は、平成 9 年度の 0.56pg-TEQ/m<sup>3</sup> に比べ約 45% 減少し、0.31pg-TEQ/m<sup>3</sup> であった。

### (2) その他の環境媒体

平成 10 年度において PCDD+PCDF 及びコプラナー-PCB について複数の環境媒体等を対象とし

た総合的な調査が実施されており、以下にその概要を示す。

ダイオキシン類緊急全国一斉調査（平成 10 年度）<sup>3)</sup>では、大気以外に、降下煤塵（夏及び冬の 2 回測定）、公共用水域水質（夏の 1 回測定。ただし、発生源周辺のみ夏及び冬の 2 回測定）、地下水質（夏の 1 回測定）、公共用水域底質（夏の 1 回測定）、土壤（夏の 1 回測定）、水生生物（秋の 1 回測定）の各媒体について、PCDD+PCDF（コプラナーPCB は一部地点で測定）を測定しており、結果は表 2.3 の通りであった。

表 2.3 ダイオキシン類緊急全国一斉調査（平成 10 年度）結果概要<sup>3)</sup>

（下記表の各媒体毎の上欄は「PCDD+PCDF」、下欄は「ダイオキシン類」）

環境媒体		平均値	中央値	検出範囲
降下ばいじん (2季平均)	n=205	21pg-TEQ/m <sup>2</sup> /日	17pg-TEQ/m <sup>2</sup> /日	0.20 ~ 170pg-TEQ/m <sup>2</sup> /日
	n=103	21pg-TEQ/m <sup>2</sup> /日	18pg-TEQ/m <sup>2</sup> /日	0.34 ~ 66pg-TEQ/m <sup>2</sup> /日
公共用水域 水質	n=204	0.36pg-TEQ/L	0.089pg-TEQ/L	0 ~ 12pg-TEQ/L
	n=204	0.40pg-TEQ/L	0.11pg-TEQ/L	0.0014 ~ 13pg-TEQ/L
地下水質	n=243	0.086pg-TEQ/L	0.0073pg-TEQ/L	0 ~ 5.3pg-TEQ/L
	n=188	0.081pg-TEQ/L	0.011pg-TEQ/L	0 ~ 5.4pg-TEQ/L
公共用水域 底質	n=205	6.8pg-TEQ/g 乾重量	0.23pg-TEQ/g 乾重量	0 ~ 230pg-TEQ/g 乾重量
	n=205	7.7pg-TEQ/g 乾重量	0.41pg-TEQ/g 乾重量	0 ~ 260pg-TEQ/g 乾重量
土壤	n=344	6.2pg-TEQ/g	2.3pg-TEQ/g	0.00067 ~ 110pg-TEQ/g
	n=286	6.5pg-TEQ/g	2.7pg-TEQ/g	0.0015 ~ 61pg-TEQ/g
水生生物	n=368	0.64pg-TEQ/g 湿重量	0.32pg-TEQ/g 湿重量	0 ~ 11pg-TEQ/g 湿重量
	n=368	2.1pg-TEQ/g 湿重量	1.1pg-TEQ/g 湿重量	0.0022 ~ 30pg-TEQ/g 湿重量

### （3）食品

ダイオキシン類の人への主な曝露経路と考えられる食品について、平均的な食生活における食品からのダイオキシン類の摂取量を推計することを目的にした、ダイオキシンの一日摂取量調査（トータルダイエットスタディー）（厚生省）<sup>5)</sup>が実施されており、平成 10 年度の結果概要を表 2.4 として示す。なお、表の下段は同年度に行われた保存試料を用いた経年変化に関する結果である。

表 2.4 平成 10 年度食品からのダイオキシンの一日摂取量調査（トータルダイエットスタディ）結果概要

PCDD+PCDF+コプラナーPCB					単位：pg-TEQ/kg/日	
食品からのダイオキシン類の一日摂取量 (参考) 平成 9 年度調査結果	地域数	平均値	標準偏差	範囲		
					10	2.00
保存試料（関西地区）による食品からの ダイオキシン類の一日摂取量の経年変化	10	2.41	0.63	1.37 ~ 3.18	昭和 52 年度	昭和 57 年度
					昭和 63 年度	平成 4 年度
					平成 7 年度	平成 10 年度
					8.18	5.32
					5.58	2.07
					2.30	2.70

注) 平成 10 年度のトータルダイエットスタディ（保存試料も含む）は、WHO により 1997 年に提案された、毒性等価換

算係数の示されている12種類のコブラナーPCBを含めて算出された結果であり、平成9年度調査ではコブラナーPCBは3種類のみについて算出されたものであることに注意する必要がある。

#### ( 4 ) その他

環境庁では、平成10年度ダイオキシン類長期大気曝露影響調査<sup>6)</sup>を実施し、大阪府能勢町地域と埼玉県地域の廃棄物焼却施設周辺地区（A地区）及びその対照地区（B地区）において、長期間にわたるダイオキシン類への曝露の指標とされる血中ダイオキシン類濃度を測定するとともに、環境調査（大気、室内空気、土壤、表面サンプリング等）、食事調査、及び食習慣や喫煙歴等に関するアンケート調査を実施した。その結果、環境調査については、断面調査であるためデータの解釈には注意を要するが、調査期間中の大気中のPCDD+PCDF濃度及び室内空気中のPCDD+PCDF濃度は、両地域とも地区間で明確な差を見いだせなかつたが、土壤中のPCDD+PCDF濃度は大阪府能勢町地域では、A地区の測定結果はB地区の測定結果よりも高い傾向を示し、埼玉県地域では、A地区の測定結果はB地区の測定結果に比べて高かつた。また、推計総曝露量については、一日摂取量が4pg-TEQ/kg/日を上回る例があつたが、環境調査と同様に断面調査である点に注意を要する。

### 2.1.3. 人への曝露経路

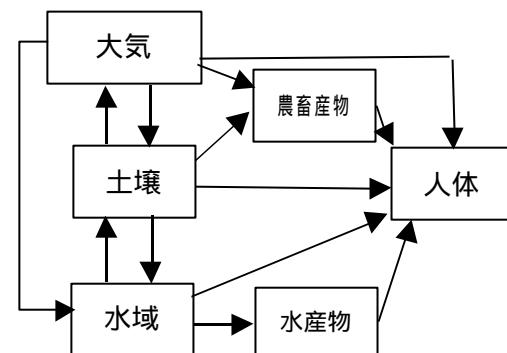
大気を起点とした人への曝露経路について、  
大気の吸入、農畜産物を経由した摂取、土壤を経由した摂取、水域を経由した摂取が考えられる（右図）。

大気中のダイオキシン類は、空気中の粒子に吸着(以下、「粒子状」) または、ガス状で存在している。人体への曝露はこの粒子状及びガス状のダイオキシン類を主として経気道で吸入することによると考えられる。

農畜産物のうち、植物については、環境中のダイオキシン類の移行経路は大気経由及び土壤経由に大別され、根からの土壤中ダイオキシン類の吸収・移行については、一部の植物を除き、ほとんどないとの報告がなされている。一方、空気中の粒子状及びガス状のダイオキシン類が植物体へ沈着・移行する経路の関与が示唆されている。また、土壤表面からの揮散では、地面に近接した最下位葉が影響を受ける可能性も指摘されているが、不明確な点も多い<sup>7)8)</sup>。環境庁、厚生省及び農林水産省が本年3月に実施した、埼玉県所沢市を中心とする野菜等のダイオキシン類等の実態調査<sup>9)</sup>では、野菜（ほうれんそう（出荷状態））のダイオキシン類等の濃度は、平均値が0.051pg-TEQ/g（0.0086～0.18 pg-TEQ/g）であり、平成9年度食品中のダイオキシン類等汚染実態調査（厚生省）<sup>10)</sup>の調査結果（平均値0.19 pg-TEQ/g（0.044～0.43 pg-TEQ/g））等と比較してほぼ同程度であった。また、ほうれんそうのダイオキシン類の濃度が、大気、降下ばいじん、土壤のいずれの影響を受けているかについては、明確な結論は得られなかったとしている。

これら植物と大気環境中ダイオキシン類の関連に関する知見は重要であることから、さらなる知見の充実が図られる必要がある。

なお、諸外国の調査事例では、欧洲における古い廃棄物焼却処理施設近傍の牧草中に含まれるPCDD+PCDF濃度が、排出削減努力により、1997年には0.75~1.95pg-TEQ/gであり、前年



の結果（1.07～3.05pg-TEQ/g）よりも平均で32.3%減少したとの報告がある<sup>11)</sup>。我が国においては、食品経由の摂取量における乳・乳製品、畜産物の寄与は相対的に小さいものと思われるものの、今後、一層の知見の充実を図っていくことが望まれる。

大気中に放出されたダイオキシン類の多くは大気からの沈着により土壤中に蓄積されていると考えられる。土壤中の挙動としては、土壤中の移動、土壤中の分解、他媒体への移行を考えられる。土壤中の移動については、ダイオキシン類は親油性物質であり、土壤に非常に強く吸着し、水にはほとんど溶解しないため、土壤中の移動はきわめて小さいと推測される。土壤中の分解については、特に表層部における光化学的分解のほか（微）生物学的分解があると指摘されている。土壤中の濃度については土壤等の環境条件により大きく左右されると考えられるが、新たな負荷がなければ、環境中で緩慢な速度で低減していくものと推定されるている<sup>12)</sup>。

水域においては、ダイオキシン類は大気および土壤、または排水等の経路で供給されると考えられる。ダイオキシン類は水に溶けにくく、水中では主として微細な粒子に含まれる形で存在し、これを水生生物が取り込むことにより、水生生物のダイオキシン類濃度に反映されると考えられる。しかし、正確な機序は現時点では十分に把握されておらず、利用可能なデータも限られるため、水生生物を経由する人への曝露については、今後、知見の充実を図る必要がある。

なお、PCDD、PCDF 及びコブラナ-PCB の各化合物群間、また、同種化合物の同族体内においても、異性体ごとに環境挙動がかなり異なると考えられている。しかし、異性体毎の環境挙動については、まだ十分な知見や一定の考え方が整っているとは言えず、こうした面でも一層の知見の充実を図る必要がある。

## 2.2. 人への曝露量

### 2.2.1. 血液や母乳中のダイオキシン類濃度について

人への曝露を評価する上で、長期間にわたるダイオキシン類への曝露の指標とされる血中ダイオキシン類濃度の調査発表事例は、国内においてはまだそれほど多いとはいえないが、平成 10 年度ダイオキシン類長期大気曝露影響調査<sup>6)</sup>においては、廃棄物焼却場の周辺地区及び対照地区間の比較では、血中濃度の平均値及び中央値はほぼ同様の値を示していた。一方、廃棄物焼却施設で作業に従事したことのある労働者の血中ダイオキシン類濃度の調査事例も限られているが、国内の一事例（労働省による調査）においては、血中濃度は比較的高い値が示され、このダイオキシン類曝露の原因はダイオキシン類に汚染された焼却灰等に由来する粉じんの吸入や接触によるものと考えられている<sup>13)</sup>。また、母乳中のダイオキシン類濃度は、平成 10 年度において平均 22pg-TEQ/g 脂肪であり、他国とほぼ同程度であると考えられている。さらに、母乳中濃度は過去 20 年間で低下している、という報告が我が国を含め数ヶ国において行われている<sup>1)</sup>。

### 2.2.2. 曝露量について

2.1.3. で述べた主たる人への曝露経路は、大気の吸入、土壤の直接摂取、及び大気、土壤や水域を経由する食品摂取によるものと考えられる。こうしたことから、これらに係るダイオキシン類の摂取について 2.1.2. に示した調査の代表的データを用いて基本となる曝露量の推計を行うとともに、様々な生活環境条件の違いによる曝露パターンの違いを考慮するため、摂取態様別の類型群を想定し、曝露評価を行った。

### (1) 曝露量の推計

曝露量の推計は、大気の吸入、土壤の直接摂取、食品摂取からの曝露量を、表 2.5 及び 2.6 により、平成 10 年度のデータ（表 2.1a、表 2.3）を用いて行った。

表 2.5 経路別の人一日あたり摂取・曝露量の推計方法の考え方

< 食品 >			
( 食品経由摂取量 ) = ( 食品中ダイオキシン類濃度 ) × ( 一日あたり食品摂取量 ) ÷ ( 体重 )			
pg-TEQ/kg/日	pg-TEQ/g	g/日	kg
< 大気 >			
( 大気経由曝露量 ) = ( 大気中ダイオキシン類濃度 ) × ( 一日あたり呼吸量 ) ÷ ( 体重 )			
pg-TEQ/kg/日	pg-TEQ/ m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /日	kg
< 土壤 > <sup>12)</sup>			
( 土壤経由摂食量 ) = ( 土壤中ダイオキシン類濃度 ) × ( 一日あたり土壤摂取量 ) ÷ ( 体重 )			
pg-TEQ/kg/日	pg-TEQ/g	g/日	kg
( 土壤経由皮膚曝露量 ) = ( 土壤中ダイオキシン類濃度 ) × ( 面積あたり土壤接触量 ) × ( 皮膚面積 ) ÷ ( 体重 ) × ( 土壤接触頻度 )			
pg-TEQ/kg/日	pg-TEQ/g	mg/cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup> kg /日
( 総摂取量 ) = <u>( 子供の一日あたりの曝露量 ) × 6 + ( 大人の一日あたりの曝露量 ) × ( 曝露期間 - 6 )</u> 70 ( 年 ) × 50 ( kg )			

土壤からの巻き上げや揮散については大気中濃度に含まれるものとして扱った。

表 2.6 経路別曝露の推計に用いられる諸定数

	単位	定数	参照文献
日本人の平均体重	kg	50	14)
一日あたり呼吸量	m <sup>3</sup>	15	14)
一日あたり土壤摂取量 ( 大人 )	g/日	0.1	12)
" ( 子供 )	g/日	0.2	12)
面積あたり土壤接触量 ( 大人 )	mg/cm <sup>2</sup>	0.5	12)
" ( 子供 )	mg/cm <sup>2</sup>	0.5	12)
皮膚面積 ( 大人 )	cm <sup>2</sup>	5,000	12)
" ( 子供 )	cm <sup>2</sup>	2,800	12)
土壤接触頻度 ( 大人 )	-	0.17	12)
" ( 子供 )	-	0.6	12)

### (2) 摂取態様別の類型群の想定について

摂取態様別の類型群として、一般生活環境群、環境からの摂取に偏りのある群、食品からの摂取に偏りのある群、環境及び食品からの摂取に偏りのある群の 4 群を想定した。各群は、大気、土壤、食品のそれぞれについて平均的曝露ケース、平均的曝露からは偏りのある曝露ケースを組み合わせることにより想定した。これらの曝露ケースと想定した摂取態様別の類型群に対応する曝露量を別紙 1 に示した。

### 2.2.3. 吸収量への換算について

大気、土壤及び食品に含まれるダイオキシン類は、各媒体中での存在状態、曝露時の性状、また、生体側の条件（年齢等）などによっても、吸収率が異なると考えられる。こうした条件の差

が媒体毎に大きく異なれば、曝露量が同じであっても、実際に体内に吸収される量に差が生じることになる。本報告では、曝露量について、TDIと比較した評価をより詳しく行う目的から、吸収率を用いて各媒体からの曝露量を吸収量に換算した。上述2.2.2.(2)の類型群の各々(別紙1)について推計した曝露量を吸収量に換算した結果を別紙2に示す。

吸収率は、各媒体毎に算出する際の様々な評価機関による仮定の違い等によって幅をとりうる数値と考えられるが、本報告では、既存の知見や諸外国の例に照らし、妥当と考えられる1つの数値(%)を用いることとし、大気では85%、土壤では、摂食25%、経皮吸収1%、食品では50%とした。なお、各媒体の吸収率の考え方を参考資料1にまとめた。

### 3. 環境基準値の設定について

#### 3.1. 大気経由割合に関する検討

2.2.3.では摂取態様別の類型群を想定し、各群についてダイオキシン類の吸収量の推計を行ったが、この各群についてダイオキシン類の総吸収量のうち大気経由による吸収量の割合(大気経由割合)を算出し、大気経由吸収量の幅について検討を行った。

その結果、各群の総吸収量に対する大気経由割合は、偏りの小さい類型群<sup>a</sup>を示していると考えられる類型群を中心見ると、

PCDD+PCDF: 8.9~30.2%程度

コプラナー-PCB: 0.3~1.7%程度

PCDD+PCDF+コプラナー-PCB: 4.0~16.5%程度

であった。これより、ダイオキシン類総吸収量に占める大気経由割合は、およそ5%~15%程度と推定される。

この割合をTDI 4pg-TEQ/kg/日に対応する吸収量2pg-TEQ/kg/日<sup>b</sup>に乗じて得た大気経由の吸収量は、0.10~0.30 pg-TEQ/kg/日と算出される。

#### 3.2. 人への曝露に関する試算

ダイオキシン類の環境中の挙動に関する知見は未だに十分とはいえない。しかしながら、人への曝露を検討する上での一助とするため、参考までに現段階において可能な範囲で、ダイオキシン類の人への曝露に関する試算を行った(別紙3及び参考資料2)。

##### (1) 環境中挙動モデルについて

ダイオキシン類の環境中の挙動に関する試算を行うには、非定常多媒体の運命予測等の環境中挙動モデルを用いる予測・推定手法などを用いることが必須と考えられる。その一方、その結果について慎重に判断し、適切な推定を試みることが必要である。本試算では、現状から将来にわたるダイオキシン類の各媒体濃度の減少の大きさ、減少に要する時間等に関する概略値を環境中挙動モデルから導くこととした。なお、本試算については、今後の環境挙動調査や環境モニタリ

<sup>a</sup> 基本ケース、ケース1の組み合わせをもとに、その割合を検討した。

<sup>b</sup> TDIに対応する吸収量について: TDIは摂取量を対象とした値であり、その導出に当たっては吸収率を50%と見積もっている。このため、吸収量で考える場合は、4pg-TEQ/kg/日の50%の2pg-TEQ/kg/日がTDIに対応する。

ングの結果等を踏まえ、適宜、検証し、精査することが望ましい。

## (2) 人への曝露に関する試算

(1) の環境中挙動モデルで導いた各媒体間の減少率比を用い、現状のダイオキシン類の大気環境濃度が一定の減少を示した場合の平均大気環境濃度の減少率を試算した。また、これともとに、2.2.2.(2) の想定摂取態様別の類型群について、環境媒体中濃度が各媒体間減少率比に従って減少した場合に、総吸收量がどのように変化（減少）するかについての試算を行った。

本試算に伴う不確実性には十分留意する必要があるが、ダイオキシン類の大気環境目標濃度を 0.6pg-TEQ/m<sup>3</sup> 以下とし、大気環境濃度が低減した場合、環境及び食品から摂取に偏りのある群の最大値ケース（現状の想定総吸收量 2.71pg-TEQ/kg/日）については、TDI 4pg-TEQ/kg/日に対応する吸收量である 2pg-TEQ/kg/日を下回った。なお、本最大値ケースは食品、大気、土壌の全てについて、曝露評価を行う目的で大きな摂取の偏りを想定した類型であり、現実的な組み合わせとしては一般的に想定し難いものと考えられる。また、一般生活環境群の総吸收量については、1.06 ~ 1.42 pg-TEQ/kg/日から、0.81 ~ 1.10pg-TEQ/kg/日に低下すると試算された。

## 3.3. 諸外国の曝露評価に関する事例

諸外国の曝露評価に関する事例は PCDD+PCDF に関するものが多く、コプラナーPCB を含めた知見については不足している。以下の検討においてはこの点に留意する必要がある。

諸外国の政府レベルにおいては、大気環境基準や指針値に相当するものが設定されている事例は、現在把握している限りは無い。一方、米国カリフォルニア州において PCDD+PCDF について "Hot Spots" Program の中で非発がんの参照曝露レベルを  $3.5 \times 10^{-6} \mu\text{g}/\text{m}^3$  としているなどの例がある。諸外国の大気環境濃度データについては測定地点の分類方法等を考慮すると、単純には比較できないと思われるが、報告例としては、PCDD+PCDF について、都市地域と分類されているデータを中心に見ると、米国で平均 0.1pg-TEQ/m<sup>3</sup> 程度、ドイツで 0.07 ~ 0.35 pg-TEQ/m<sup>3</sup> 程度、オランダでは概ね 0.1 pg-TEQ/m<sup>3</sup> 以下の範囲に、英国では、概ね 1.8 pg-TEQ/m<sup>3</sup> 以下（平均 0.17 pg-TEQ/m<sup>3</sup>）程度などの例がある<sup>15)16)17)</sup>。

曝露経路別の曝露評価を行った事例として、PCDD+PCDF については、米国、カナダ、ドイツ等のものがある。どの事例においても、食品からの曝露量がその多くを占めている。米国 EPA が試算したもの<sup>18)</sup>からは平均すると大気経由割合は 2% 弱であり、カナダの事例<sup>19)</sup>で、一般的な場合、食品のうち魚の摂取が多い場合、発生源近傍における場合について試算したものからは、大気経由割合は 1 ~ 8% 程度であった。ドイツの事例<sup>20)</sup>では、大気経由割合は 2 ~ 5% 程度であった。諸外国では、大気経由の一般的な摂取割合は概ね 1% ~ 5% 程度で、これは大気経由の摂取量が食品経由のそれに比して相対的に小さいものとなってきていることとも関連していると思われる。この摂取割合について、吸収率を勘案し、吸収量ベースでの大気経由割合を求める 2 ~ 10% 弱程度になると想われる。TDI 4pg-TEQ/kg/日に対応する吸収量（2pg-TEQ/kg/日）にこの割合を乗じると 0.04 ~ 0.20pg-TEQ/kg/日弱程度となる。しかしながら、これらの知見については、上に述べたようにコプラナーPCB が含まれた評価が少ないと、大気環境濃度データと発生源の種類等との関連が必ずしも明確ではないことなどに十分注意を払うべきである。

食品についての調査事例では、調査年度にかなり幅がある点に注意が必要であるが、摂取量は概ね 100pg-TEQ/日 ~ 300pg-TEQ/日程度との報告が多く、欧米では、乳製品や肉類等の寄与割合

が大きい傾向にあって、一部の国では、野菜、穀類や油等の割合が高い事例もある<sup>18)-24)</sup>。調査手法、調査年度や TEQ の算出方法の相違などから単純には比較できないが、我が国ではおおむね 100pg/日程度との報告<sup>1)</sup>があった。また、食品経由の摂取量は近年、減少傾向にあるとの報告が数例ある。<sup>25)26)</sup>

### 3.4. 環境基準値の算定

3.1. の結果により、大気経由割合は、偏りの小さい類型群を中心にみると、吸収量について、おおむね 5% ~ 15%程度であると推定され、この割合を TDI 4pg-TEQ/kg/日に対応する吸収量 2pg-TEQ/kg/日に乘じると、大気経由のダイオキシン類の吸収量は、おおむね 0.10 ~ 0.30pg-TEQ/kg/日となる。

さらに、3.2. における検討及び我が国における大気環境中のダイオキシン類濃度の現状等も踏まえ、人の健康を保護する見地から総合的に判断すると、大気の汚染に係る環境基準は、長期的に摂取される場合において 0.6pg-TEQ/m<sup>3</sup>以下とすることが適当である。

なお、曝露評価に係る判定条件は、現状の知見が限られる中においては、おおむね妥当なものと考えられるが、さらに客觀性を高めていくべき点が含まれていることに十分留意すべきである。したがって、今後、知見の充実に一層努めるとともに、適宜、検証を行っていくことが必要である。

### 3.5. 適用範囲

3.4. に示した環境基準は、人の健康を保護する見地から設定されるものであるので、従来の有害大気汚染物質に係る環境基準の適用範囲を踏まえ、工業専用地域、車道その他一般公衆が通常生活していない地域または場所については適用しないとすることが適当である。

### 3.6. 達成期間

従来の有害大気汚染物質に係る環境基準については、「その維持または早期達成に努めるものとする」とされているところである。ダイオキシン類については、多様な経路を経て人体に摂取されるため、土壤、底質への蓄積、環境媒体間における移行などの時間的要素等を考慮する必要がある。したがって、環境基準を超える地域においては、可及的速やかにその達成維持に努めるものとし、また、環境基準の範囲内にある地域においては、現状程度の水準を維持し、又はこれを大きく上回ることのないように努めるものとすることが適当である。

### 3.7. 測定及び評価

ダイオキシン類の大気環境中濃度の測定方法については、環境庁の「有害大気汚染物質測定方法マニュアル（ダイオキシン類及びコプラナ PCBs）」に従うことが適当である。なお、TEF は WHO-TEF(1998)とし、毒性等量の算出の際の定量下限値未満の数値の取り扱いについては、定量下限値未満検出下限値以上の数値はそのままとし、検出下限値未満の数値は検出下限値の 1/2 として扱うことが適当である。

ダイオキシン類の大気環境基準を達成しているか否かの判断については、この基準が長期的摂取に伴う健康影響を考慮して定められていることから、年平均値をもって行うことが適当である。

また、試料採取期間等については、年平均値をより適切に把握することができるよう考慮す

ることが望ましい。

#### 4. 今後の課題

本専門委員会は、現時点で収集可能な最新の知見について検討を行い、総合的に判断してその結果を本報告としてとりまとめた。しかし、ダイオキシン類の環境中での挙動や人の健康への影響については、なお未解明の部分が多い。したがって、ダイオキシン類による人の健康への影響の未然防止の徹底のためには、関連する科学的知見の集積・評価が不断に行われ、その結果が施策に的確かつ迅速に反映されることが極めて重要である。

以上より、

大気の汚染に係る環境基準が達成されるよう、大気環境を厳に監視するとともに、基準値の導出の前提とした諸条件に係る科学的知見の充実をさらに図ること。

今回は現状の曝露について様々な類型群を想定し、各群の人への曝露に関する試算を行ったが、個人的レベルで見れば人が実際に曝露されるダイオキシン類の量には、相当な幅があるものと推測される。今後、ダイオキシン類の環境中の挙動の把握及び曝露評価をより精密に行い、曝露の推移を継続的に把握していくことが望まれる。

#### おわりに

今後、本報告を受け、ダイオキシン類に係る大気環境の保全施策がよりいっそう推進されることを期待する。

<参考・引用文献>

- 1 ) 環境庁・厚生省：ダイオキシンの耐容一日摂取量（T D I）について，1999年6月
- 2 ) 環境庁 ダイオキシン排出抑制対策検討会：ダイオキシン排出抑制対策検討会第二次報告，1999年6月
- 3 ) 環境庁：ダイオキシン類緊急全国一斉調査結果について 平成10年度実施，1999年9月
- 4 ) 環境庁：平成10年度地方公共団体等における有害大気汚染物質モニタリング調査結果について，1999年10月
- 5 ) 厚生省：平成10年度 食品からのダイオキシンの一日摂取量調査（トータルダイエットスタディ）について，1999年9月
- 6 ) 環境庁：平成10年度ダイオキシン類長期大気曝露影響調査の結果（第2次報告）について，1999年8月
- 7 ) McLachlan M.S.(1997): A Simple Model to Predict Accumulation of TCDD/Fs in an Agricultural Food Chain. *Chemosphere* 34: 1263-1276
- 8 ) Hülster A. et al. (1994): Soil-plamt Transfer of Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Dibenzofurans to Vegetables of the Cucumber Family (Cucurbitaceae). *Environmental Science and Technology* 28: 1110-1115
- 9 ) 環境庁、厚生省、農林水産省：埼玉県所沢市を中心とする野菜及び茶のダイオキシン類等実態調査結果，1999年3月
- 10 ) 厚生省：平成9年度 食品中のダイオキシン類汚染実態調査，1998年10月
- 11 ) Domingo J.L. et al. (1999): Monitoring dioxins and furans near an old municipal solid waste incinerator : Temporal variation in vegetation. *J. Environ. Sci. Health Part A* 34(1): 165-181
- 12 ) 環境庁：土壤中のダイオキシン類に関する検討会第一次報告，1999年7月
- 13 ) 労働省：豊能郡美化センターダイオキシン問題に係る調査研究報告書，1999年3月
- 14 ) 環境庁：ダイオキシン類に係る大気環境濃度低減のための目標に関する検討会報告，1997年6月
- 15 ) Liem A.K.D. and Zorge J.A. (1995): *Environ. Sci. & Pollut. Res.* 2(1): 46-56
- 16 ) Liem A.K.D. et al. (eds) (1993): *Integrated Criteria Document Dioxins.* (1993.12)
- 17 ) Liem A.K.D. and Theelen R.M.C. (1997): *Dioxins: Chemical Analysis, Exposure and Risk Assessment*
- 18 ) EPA(1994): Reassessment of dioxin – External review drafts, Executive summary: pp.46
- 19 ) Gilman A. et al. (1991): An updated assessment of the exposure of Canadians to dioxins and furans. *Chemosphere* 23: 1661-1667
- 20 ) Fürst P. et al. (1992): Assessment of human intake of PCDDs and PCDFs from different environmental sources. *Toxic Substance J.* 12: 133-150
- 21 ) Beck H. et al. (1992): PCDDs, PCDFs, and related contaminants in the German food supply. *Chemosphere*, 25(7-10): 1539-1550
- 22 ) Birmingham B. et al. (1989): DIETARY INTAKE OF PCDD AND PCDF FROM FOOD IN ONTARIO, CANADA. *Chemosphere* 19(1-6): 507-512
- 23 ) di Domenico A. (1990): Guidelines for the definition of environmental action alert thresholds for polychlorodibenzodioxins and polychlorodibenzofurans. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 11: 8-23
- 24 ) Schumacher M. et al.(1997): Dietary intake of PCDD/Fs from Food in Catalonia, Spain. *Organohalogen Compounds* 33: 431-435
- 25 ) Früst P. et al (1997): Decline of human PCDD/F intake via food between 1989 and 1996. *Organohalogen Compounds* 33: 116-121
- 26 ) Liem A.K.D. et al. (1997): Trends in dietary exposure to dioxins and PCBs in the Netherlands. Results from a duplicate diet study. *Organohalogen Compounds* 33: 112-115

中央環境審議会大気部会ダイオキシン類環境基準専門委員会  
委員名簿

委員長	鈴木 繼美	前国立環境研究所長
委員	櫻井 治彦	産業医学総合研究所所長
"	松下 秀鶴	前静岡県立大学教授
"	横山 榮二	国立公衆衛生院顧問
特別委員	林 裕造	北里大学薬学部客員教授
専門委員	池田 正之	京都大学名誉教授
"	石井 康雄	農業環境技術研究所農薬管理研究室長
"	指宿 勝嗣	工業技術院資源環境技術総合研究所 大気圏環境保全部長
"	内山 巍雄	国立公衆衛生院労働衛生学部長
"	浦野 紘平	横浜国立大学工学部教授
"	田中 勝	国立公衆衛生院廃棄物工学部長
"	遠山 千春	国立環境研究所環境健康部部長
"	豊田 正武	国立医薬品食品衛生研究所食品部長
"	宮田 秀明	摂南大学薬学部教授
"	森田 昌敏	国立環境研究所地域環境研究グループ 統括研究官
"	酒井 伸一	京都大学環境保全センター助教授
"	鈴木 規之	金沢工業大学環境・土木・建築系助教授
"	田邊 潔	国立環境研究所地域環境研究グループ 総合研究官
"	田辺 信介	愛媛大学農学部教授

## (別紙1) 算定対象とした曝露ケース及び想定摂取態様別の類型群について

表1 算定対象とした各媒体の曝露ケースと設定値について

媒体	摂取態様別の類型(群)	PCDD+PCDF	コブラナーポリ塩化ビニル	曝露量または曝露濃度
食品 pg-TEQ/kg/日	基本ケースA	0.83	1.16	2.00
	基本ケースB	0.92	1.80	2.72
	ケース1	1.08	1.62	2.70
	ケース2	1.33	2.67	4.00
大気 pg-TEQ/m <sup>3</sup>	基本ケース	0.22	0.01	0.23
	ケース1	0.76	0.04	0.80
	ケース2	1.52	0.08	1.60
土壌 pg-TEQ/g	基本ケース	9.5	0.5	10
	ケース1	95.2	4.8	100
	ケース2	952	48	1000

コブラナーポリ塩化ビニル/(PCDD+PCDF)=0.05と仮定

コブラナーポリ塩化ビニル/(PCDD+PCDF)=0.05と仮定

### (群の説明)

食品 基本ケースA	平成10年度トータルダイエットスタディーの全調査地域のうち平均値を摂取するケース
基本ケースB	平成10年度トータルダイエットスタディーの全調査地域のうち最高値を摂取するケース
ケース1	基本ケースAのうち魚摂取量のみが1.5倍のケース
ケース2	基本ケースBのうち魚摂取量のみが1.5倍のケース
大気 基本ケース	平成10年度全国緊急一斉調査の平均値の濃度ケース
ケース1	大気環境指針0.8pg-TEQ/m <sup>3</sup> に概ね相当する濃度ケース
ケース2	ケース1の概ね2倍であり、平成10年度全国緊急一斉調査データの概ね最大レベルの濃度ケース
土壌 基本ケース	平成10年度全国緊急一斉調査の平均値に農用地濃度を勘案した濃度ケース
ケース1	ガイドラインの概ね1/10を想定した濃度ケース
ケース2	ガイドライン1,000pg-TEQ/gを想定した濃度ケース

表2 想定摂取態様別の類型群について (摂取量または濃度で表示)

	食品	大気	土壌	PCDD+PCDF			コブラナ-PCB			PCDD+PCDF + コブラナ-PCB		
				食品	大気	土壌	食品	大気	土壌	食品	大気	土壌
				pg-TEQ/kg/日	pg-TEQ/m3	pg-TEQ/g	pg-TEQ/kg/日	pg-TEQ/m3	pg-TEQ/g	pg-TEQ/kg/日	pg-TEQ/m3	pg-TEQ/g
一般生活類型群	基本ケースA	基本ケース	基本ケース	0.83	0.22	9.50	1.16	0.01	0.5	2.00	0.23	10
	基本ケースB	基本ケース	基本ケース	0.92	0.22	9.5	1.80	0.01	0.5	2.72	0.23	10
環境からの摂取に偏りのある類型群	基本ケースA	ケース1	ケース1	0.83	0.76	95.20	1.16	0.04	48	2.00	0.80	100
	基本ケースA	ケース2	ケース1	0.83	1.52	95.2	1.16	0.08	4.8	2.00	1.60	100
	基本ケースA	ケース1	ケース2	0.83	0.76	952	1.16	0.04	48	2.00	0.80	1000
	基本ケースA	ケース2	ケース2	0.83	1.52	952	1.16	0.08	48	2.00	1.60	1000
	基本ケースB	ケース1	ケース1	0.92	0.76	95.2	1.80	0.04	4.8	2.72	0.80	100
	基本ケースB	ケース2	ケース1	0.92	1.52	95.2	1.80	0.08	4.8	2.72	1.60	100
	基本ケースB	ケース1	ケース2	0.92	0.76	952	1.80	0.04	48	2.72	0.80	1000
	基本ケースB	ケース2	ケース2	0.92	1.52	952	1.80	0.08	48	2.72	1.60	1000
	基本ケースA	基本ケース	ケース1	0.83	0.22	95.2	1.16	0.01	48	2.00	0.23	100
	基本ケースA	基本ケース	ケース2	0.83	0.22	952	1.16	0.01	48	2.00	0.23	1000
	基本ケースB	基本ケース	ケース1	0.92	0.22	95.2	1.8	0.01	4.8	2.72	0.23	100
	基本ケースB	基本ケース	ケース2	0.92	0.22	952	1.8	0.01	48	2.72	0.23	1000
食品からの摂取に偏りのある類型群	ケース1	基本ケース	基本ケース	1.08	0.22	9.5	1.62	0.01	0.5	2.70	0.23	10
	ケース2	基本ケース	基本ケース	1.33	0.22	9.5	2.67	0.01	0.5	4.00	0.23	10
	ケース1	ケース1	ケース1	1.08	0.76	95.2	1.62	0.04	4.8	2.70	0.80	100
	ケース1	ケース2	ケース1	1.08	1.52	95.2	1.62	0.08	4.8	2.70	1.60	100
	ケース1	ケース1	ケース2	1.08	0.76	952	1.62	0.04	48	2.70	0.80	1000
	ケース1	ケース2	ケース2	1.08	1.52	952	1.62	0.08	48	2.70	1.60	1000
	ケース2	ケース1	ケース1	1.33	0.76	95.2	2.67	0.04	4.8	4.00	0.80	100
	ケース2	ケース2	ケース1	1.33	1.52	95.2	2.67	0.08	4.8	4.00	1.60	100
	ケース2	ケース1	ケース2	1.33	0.76	952	2.67	0.04	48	4.00	0.80	1000
	ケース2	ケース2	ケース2	1.33	1.52	952	2.67	0.08	48	4.00	1.60	1000
環境・食品からの摂取に偏りのある類型群	ケース1	基本ケース	ケース1	1.08	0.22	95.2	1.62	0.01	4.8	2.70	0.23	100
	ケース1	基本ケース	ケース2	1.08	0.22	952	1.62	0.01	48	2.70	0.23	1000
	ケース2	基本ケース	ケース1	1.33	0.22	95.2	2.67	0.01	4.8	4.00	0.23	100
	ケース2	基本ケース	ケース2	1.33	0.22	952	2.67	0.01	48	4.00	0.23	1000
	ケース2	基本ケース	ケース2	1.33	0.22	952	2.67	0.01	48	4.00	0.23	1000

(別紙2) 想定摂取態様別の類型群の吸収量について

表1 想定摂取態様別の類型群の吸収量について

	食品	大気	土壌	PCDD+PCDF ( pg-TEQ/kg/日 )			コブラナ-PCB ( pg-TEQ/kg/日 )			PCDD+PCDF + コブラナ-PCB ( pg-TEQ/kg/日 )			総吸収量 ( pg-TEQ/kg/日 )	大気経由割合 ( % )		
				食品	大気	土壌	食品	大気	土壌	食品	大気	土壌		PCDD+PCDF + コブラナ-PCB	PCDD +PCDF	コブラ ナ-PCB
一般生活類型群	基本ケースA	基本ケース	基本ケース	0.415	0.06	0.006	0.58	0.003	0.0003	1.00	0.06	0.006	1.06	5.5%	11.8%	0.4%
	基本ケースB	基本ケース	基本ケース	0.46	0.06	0.006	0.90	0.003	0.0003	1.36	0.06	0.006	1.42	4.1%	10.7%	0.3%
環境からの摂取に 偏りのある類型群	基本ケースA	ケース1	ケース1	0.415	0.19	0.032	0.58	0.010	0.002	1.00	0.20	0.033	1.24	16.5%	30.2%	1.7%
	基本ケースA	ケース2	ケース1	0.415	0.39	0.032	0.58	0.020	0.002	1.00	0.41	0.033	1.44	28.3%	46.4%	3.4%
	基本ケースA	ケース1	ケース2	0.415	0.19	0.289	0.58	0.010	0.015	1.00	0.20	0.304	1.51	13.5%	21.6%	1.7%
	基本ケースA	ケース2	ケース2	0.415	0.39	0.289	0.58	0.020	0.015	1.00	0.41	0.304	1.71	23.8%	35.5%	3.3%
	基本ケースB	ケース1	ケース1	0.46	0.19	0.032	0.90	0.010	0.002	1.36	0.20	0.033	1.60	12.8%	28.3%	1.1%
	基本ケースB	ケース2	ケース1	0.46	0.39	0.032	0.90	0.020	0.002	1.36	0.41	0.033	1.80	22.7%	44.1%	2.2%
	基本ケースB	ケース1	ケース2	0.46	0.19	0.289	0.90	0.010	0.015	1.36	0.20	0.304	1.87	10.9%	20.6%	1.1%
	基本ケースB	ケース2	ケース2	0.46	0.39	0.289	0.90	0.020	0.015	1.36	0.41	0.304	2.07	19.7%	34.1%	2.2%
	基本ケースA	基本ケース	ケース1	0.415	0.06	0.032	0.58	0.003	0.002	1.00	0.06	0.033	1.09	5.4%	11.2%	0.4%
	基本ケースA	基本ケース	ケース2	0.415	0.06	0.289	0.58	0.003	0.015	1.00	0.06	0.304	1.36	4.3%	7.4%	0.4%
	基本ケースB	基本ケース	ケース1	0.46	0.06	0.032	0.90	0.003	0.002	1.36	0.06	0.033	1.45	4.0%	10.2%	0.3%
	基本ケースB	基本ケース	ケース2	0.46	0.06	0.289	0.90	0.003	0.015	1.36	0.06	0.304	1.72	3.4%	7.0%	0.3%
食品からの摂取に	ケース1	基本ケース	基本ケース	0.54	0.06	0.006	0.81	0.003	0.0003	1.35	0.06	0.006	1.41	4.1%	9.3%	0.3%
偏りのある類型群	ケース2	基本ケース	基本ケース	0.665	0.06	0.006	1.335	0.003	0.0003	2.00	0.06	0.006	2.06	2.8%	7.7%	0.2%
環境・食品からの摂取に	ケース1	ケース1	ケース1	0.54	0.19	0.032	0.81	0.010	0.002	1.35	0.20	0.033	1.59	12.9%	25.3%	1.2%
偏りのある類型群	ケース1	ケース2	ケース1	0.54	0.39	0.032	0.81	0.020	0.002	1.35	0.41	0.033	1.79	22.8%	40.4%	2.5%
	ケース1	ケース1	ケース2	0.54	0.19	0.289	0.81	0.010	0.015	1.35	0.20	0.304	1.86	11.0%	18.9%	1.2%
	ケース1	ケース2	ケース2	0.54	0.39	0.289	0.81	0.020	0.015	1.35	0.41	0.304	2.06	19.8%	31.9%	2.4%
	ケース2	ケース1	ケース1	0.665	0.19	0.032	1.335	0.010	0.002	2.00	0.20	0.033	2.24	9.1%	21.8%	0.8%
	ケース2	ケース2	ケース1	0.665	0.39	0.032	1.335	0.020	0.002	2.00	)	0.033	2.44	16.7%	35.7%	1.5%
	ケース2	ケース1	ケース2	0.665	0.19	0.289	1.335	0.010	0.015	2.00	0.20	0.304	2.51	8.1%	16.9%	0.7%
	ケース2	ケース2	ケース2	0.665	0.39	0.289	1.335	0.020	0.015	2.00	0.41	0.304	2.71	15.0%	28.9%	1.5%
	ケース1	基本ケース	ケース1	0.54	0.06	0.032	0.81	0.003	0.002	1.35	0.06	0.033	1.44	4.1%	8.9%	0.3%
	ケース1	基本ケース	ケース2	0.54	0.06	0.289	0.81	0.003	0.015	1.35	0.06	0.304	1.71	3.4%	6.3%	0.3%
	ケース2	基本ケース	ケース1	0.665	0.06	0.032	1.335	0.003	0.002	2.00	0.06	0.033	2.09	2.8%	7.4%	0.2%
	ケース2	基本ケース	ケース2	0.665	0.06	0.289	1.335	0.003	0.015	2.00	0.06	0.304	2.36	2.5%	5.6%	0.2%

## 人への曝露に関する試算について（参考資料2：概要）

ダイオキシン類の人への曝露に関する試算を以下の考え方で行った。すなわち、ダイオキシン類の環境媒体中濃度の減少率の推定を環境中挙動モデルを用いて行い、これをもとに各環境媒体間の減少率比を導いた。この比を基にして、ダイオキシン類の総吸收量の変化（減少）についての試算を行った。

なお、本試算は、現時点で可能な限り適切な推定を試みたものであるが、今後の環境挙動調査や環境モニタリングの結果等を踏まえ、適宜、検証し、精査することが望ましい。

### 1. 現状のダイオキシン類の大気環境濃度が低減した場合の平均大気環境濃度の減少率の試算

平成10年度ダイオキシン類緊急全国一斉調査のデータを用いて、これらが対数正規分布すると仮定し、その95%タイル値（1.36pg-TEQ/m<sup>3</sup>）が、目標濃度値まで低減したとした場合、対数正規分布の平行移動により、大気環境濃度総平均値の減少率を算出した。結果を表1に示す。

表1 大気環境濃度総平均値減少率

目標濃度値 (pg-TEQ/m <sup>3</sup> )	大気環境濃度 総平均値減少率
0.8	41%
0.6	55%
0.4	70%

### 2. 環境媒体中濃度が減少する場合に総吸收量がどのように変化（減少）するかについての試算

すべての類型群の大気環境濃度については、目標濃度以下に減少するとした。なお、95%タイル値以下である基本ケース（0.23pg-TEQ/m<sup>3</sup>）ケース1（0.8 pg-TEQ/m<sup>3</sup>）については、表1の大気環境濃度総平均値減少率を用いた。また、土壤中濃度の減少率については、環境中挙動の検討（参考資料2）から導いた表2の減少率比に表1の減少率を掛けて求めた。食品の減少率については、同様の方法で算定した水質の減少率が、平成10年度緊急全国一斉調査データにおいて1pg-TEQ/l以下を水質の目標濃度としたときに見込まれる平均水質濃度の減少率32.5%以上である場合には、32.5%に2/3を乗じた21.7%ととし、32.5%未満である場合には、水質の減少率に2/3を乗じた値とした。なお、上記試算に用いられる係数2/3は食品と環境媒体との関係にかかるデフォルト値（仮の数値）として設定した（参考資料2）。また、コプラナーPCBについてはPCDD+PCDFと同様の考え方を適用している（参考資料2）。

表2 環境媒体中 PCDD+PCDF 濃度の各媒体間の減少率比について

各媒体間の減少率比	
大気濃度	1
土壤濃度	0.2
水質濃度	0.6

結果を表3、図1に示す。ダイオキシン類の大気環境濃度が、おおむね  $0.8\text{pg-TEQ}/\text{m}^3$  程度以下まで低減した場合、環境・食品からの摂取に偏りのある類型群のうち、大気環境がケース1またはケース2であって、食品ケース2及び土壤ケース2と共に含む2類型(現状の想定総吸収量  $2.71\text{pg-TEQ}/\text{kg}/\text{日}$  )においては、 $2\text{pg-TEQ}/\text{kg}/\text{日}$ を越えていたが、他の類型については  $2\text{pg-TEQ}/\text{kg}/\text{日}$ を下回った。大気環境濃度がおおむね  $0.6\text{pg-TEQ}/\text{m}^3$  程度以下まで低減した場合、環境及び食品から摂取に偏りのある群の最大値ケースについても、TDI4pg-TEQ/kg/日に相当する吸収量である  $2\text{pg-TEQ}/\text{kg}/\text{日}$ を下回った。なお、本最大値ケースは食品、大気、土壤のそれぞれについて、曝露評価を行う目的で最大の摂取の偏りを想定した類型であり、現実的な組み合わせとしては一般的に想定し難いものと考えられる。また、一般生活環境群の吸収量については、 $1.06 \sim 1.42\text{pg-TEQ}/\text{kg}/\text{日}$ から、 $0.81 \sim 1.10\text{pg-TEQ}/\text{kg}/\text{日}$ に低下すると試算された。

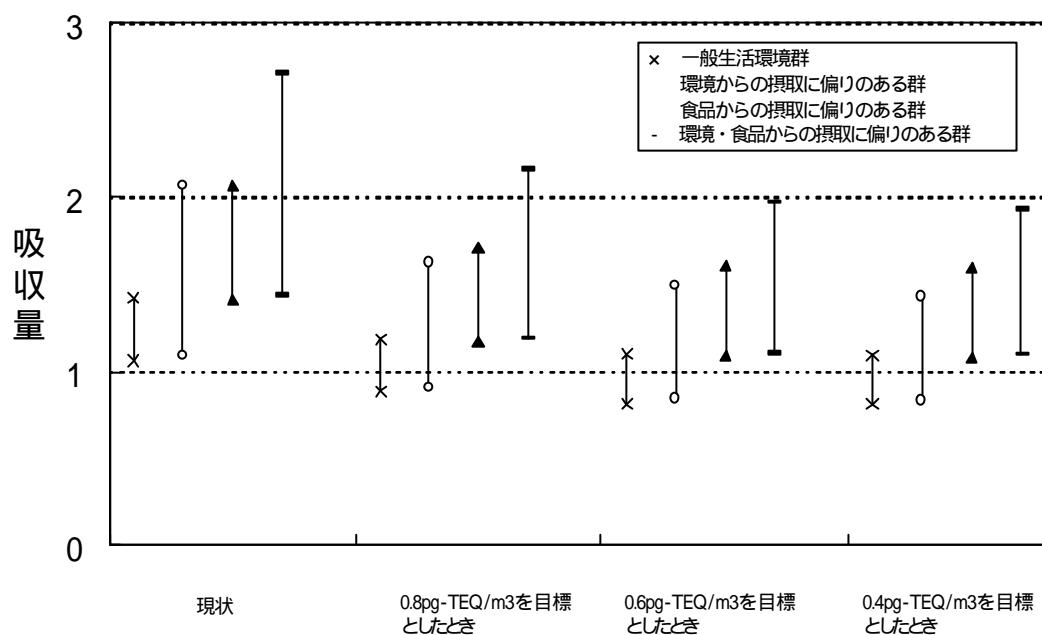
### 3.まとめ

上記試算の条件を踏まえ、大気環境の目標濃度を  $0.6\text{pg-TEQ}/\text{m}^3$ 以下とした場合、大気環境濃度が平均的に約55%減少し、土壤については、約11%、水と食品については、それぞれ約33%及び約22%、平均的に減少することを期待するとすれば、現状のダイオキシン類摂取について環境及び食品の両面で偏りのあるケースにおいて、一日摂取量が  $4\text{pg-TEQ}/\text{kg}/\text{日}$ 以下になると試算された。

なお、ダイオキシン類の環境挙動及び食品への影響などについては未だに十分とは言えないこと、環境挙動モデル及び試算に当たっての仮定等に係る不確実性に十分留意する必要がある。

表3及び図1 目標大気環境濃度ごとの総吸収量に関する試算

摂取態様別類型群	現状の想定総吸収量 (pg-TEQ/kg/日)	目標とする大気環境濃度(大気経由吸収量)別の総吸収量 (pg-TEQ/kg/日)		
	(0.10pg-TEQ/kg/日)	0.8pg-TEQ/m <sup>3</sup> (0.20pg-TEQ/kg/日)	0.6pg-TEQ/m <sup>3</sup> (0.15pg-TEQ/kg/日)	0.4pg-TEQ/m <sup>3</sup> (0.10pg-TEQ/kg/日)
一般生活環境群	1.06 ~ 1.42	0.88 ~ 1.18	0.81 ~ 1.10	0.81 ~ 1.09
環境からの摂取偏りのある群	1.09 ~ 2.07	0.90 ~ 1.62	0.84 ~ 1.49	0.83 ~ 1.43
食品からの摂取偏りのある群	1.41 ~ 2.06	1.17 ~ 1.71	1.09 ~ 1.60	1.08 ~ 1.59
環境・食品からの摂取偏りのある群	1.44 ~ 2.71	1.19 ~ 2.16	1.11 ~ 1.99	1.10 ~ 1.93



## 各媒体の吸収率の考え方について

本報告で用いたダイオキシン類の吸収率については以下の考え方に基づき設定した。なお、吸収率についての知見は現状において不足しており、今後の一層の調査・研究が望まれる。

### 1. 大気の吸収率の考え方

粒子状物質が吸入されると、粒径の大きな粒子 ( $>10 \mu\text{m}$ ) の大部分は鼻腔及び咽頭等で捕捉されるが、微小な粒子 ( $<10 \mu\text{m}$ ) は下部気道及び肺胞に沈着するといわれている<sup>1)2)</sup>。また、ガス状物質は気道及び肺胞より吸収されると考えられる。ただし、粒子にしろガスにしろ一部は呼気として排出され、粒子状物質のうち鼻腔や咽頭等で捕捉された粒子は痰などとして排泄される他、一部は胃に移行すると考えられる。

粒子状のダイオキシン類については、TCDD を気管内投与した動物実験において、肺からの吸収率はほぼ 100% であると推定している例がある<sup>3)</sup>。オランダ、スウェーデン、ニュージーランドでは粒子の肺での吸収率として、デフォルト値 75% を用いている<sup>4)5)6)</sup>。

また、EPA が検討した気中粒子の下部気道における残留率の推定方法<sup>7)</sup>に準じて試算を行うと、

- ・粒子は上部気道 50%、下部気道 25% の割合で分布する。
- ・上部気道に吸入されたものについてはすべて消化管に移行し、上部気道では吸収しない。
- ・下部気道まで到達し、沈着したもののうち、50% が残留し、残留しない分 (50%) については、すべて消化管に移行する。

また、吸収率は、下部気道からは 100%、消化管からは 50% とすると、吸収率は次のように試算される。

(吸入粒子の吸収率)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{上部気道 消化管吸収分}) + (\text{下部気道 消化管吸収分}) + (\text{下部気道 肺吸収分}) \\
 &= (0.5 \times 1 \times 0.5) + (0.25 \times 0.50 \times 0.5) + (0.25 \times 0.5 \times 1) \\
 &= 0.4375 \text{ (43.75%)} \quad \text{となる。}
 \end{aligned}$$

以上より、欧米諸国の考え方を準じれば、吸入粒子に付着したダイオキシン類の吸収率はおよそ 44% ~ 75% であると考えられる。なお、環境庁の報告書「土壤中のダイオキシン類に関する検討会第一次報告」<sup>8)</sup>においては最終的に 75% を採用している。

本報告では、以上を踏まえて安全側に立ち、粒子状のダイオキシン類の吸収率を 75% とする。

ガス状のダイオキシン類については、我が国においても、諸外国（オランダ及びスウェーデン）においても、その吸入による吸収率は 100% として取り扱われてきている<sup>5)6)9)</sup>。

本報告でも、同様にして、ガス状のダイオキシン類の吸収率を 100% とする。

なお、環境庁が調査<sup>10)</sup>の一部として実施した大阪府及び埼玉県における大気中ダイオキシン類濃度の測定では、毒性当量濃度ベースで、ガス状ダイオキシン類が 10 ~ 40%、粒子状ダイオキシン類が 90 ~ 60% と報告されており、粒子状及びガス状ダイオキシン類がこの割合で吸収率に寄与するとした場合、大気全体の吸収率は、78 ~ 85% となる。従って、本報告では、大気中ダイオキシン類の吸入による吸収率を概ね 85% とした。

## 2. 土壤の吸収率の考え方

環境庁の報告書「土壤中のダイオキシン類に関する検討会第一次報告」<sup>8)</sup>では、土壤からの吸収率（土壤の摂食、皮膚接触）について以下のような検討を行った。

すなわち、土壤の摂食における吸収率については、諸外国では 100% を用いた例が多いが、ドイツでは近年になり 30% を用いるようになった。この他、米国においても 100% は過大評価だとする報告がある。土壤摂食における吸収は、消化管吸収と考えられるが、消化管吸収は動物実験における投与媒体や食事中の成分により大きな差があるとの報告があり、吸収率については、Kimbrough<sup>11)</sup>らは既存データの評価から経口摂取による土壤中のダイオキシン類の吸収率は 30% とし（一部、汚染土壤を用いた動物実験で 30 ~ 50% を示すデータがあることを注記）、Paustenbach<sup>12)</sup>らは既存の文献を評価し、最大で 30%、通常の汚染サイトを想定した場合、10% と想定するのが最も妥当であるとした。また、「経口摂取での 2,3,7,8-TCDD の吸収率は、植物油に溶かした場合は 90 % に近いが、…汚染された土壤からの吸収は、土壤の種類により大きく異なるが、植物油に溶かして投与した場合の約半分あるいはそれ以下である」<sup>13)</sup>ともされている。さらに、土壤中のダイオキシン類の生物学的利用率は、土壤の性質や土壤の有機物含有量によって大きく異なることが指摘されている。以上、これまでの研究成果やこれらの評価を踏まえ、吸収率としては 10 ~ 40% 程度が考えられる。我が国の土壤の実証調査がないためこれを確定できる状況にはないが、当該報告での吸収量の試算では、その平均的な割合として 25% を吸収率としている。また、皮膚接触に係る吸収率については、既存の報告を評価し、1% としている<sup>13)</sup>。

本報告も当該報告に準じ、土壤の摂食における吸収率として 25%、皮膚接触における吸収率として 1% を用いることとする。

### 3. 食品の吸収率の考え方

厚生省・環境庁の報告書「ダイオキシンの耐容一日摂取量（TDI）について」<sup>13)</sup>では、人一日摂取量の算定に当たって WHO 専門家会合において採用されたものと同一の計算式を用いて、この中では吸収率を 50% としている。また、「経口摂取での 2,3,7,8-TCDD の吸収率は、植物油に溶かした場合は 90% に近いが、食物と混和した場合は 50 ~ 60%、汚染された土壤からの吸収は土壤の種類により大きく異なるが、植物油に溶かして投与した場合は半分あるいはそれ以下である。なお、消化管吸収には動物種間に大きな差は認められない」とされている。一般に食品からの曝露が大きな割合を占めることを勘案し、本報告では、食品に含まれるダイオキシン類の吸収率を概ね 50% とする。

## &lt; 参照文献 &gt;

- 1) 生活環境審議会公害部会浮遊ふんじん環境基準専門委員会：浮遊粒子状物質による環境汚染の環境基準に関する専門委員会報告，1970 年
- 2) Miller F.J. et al. (1979): Size considerations for establishing a standard for inhalable particles, J. Air Pollut. Cont. Assoc., 29: 610-615
- 3) Dilberto J.J. et al. (1996): Comparison of 2,3,7,7-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) disposition following pulmonary, oral, dermal, and parental exposures to rats. Toxicology Applied Pharmacology 138: 158-168
- 4) Berg et al. (1994): Proposals for intervention values for soil clean-up, second series of chemicals, RIVM Report No.715810004
- 5) Swedish Environmental Protection Agency (1996): Development of Genetic Guideline Values
- 6) The Ministry for the Environment and the Ministry of Health (NZ) (1997): Health and Environment Guidelines for Selected Timber-Treatment Chemicals]
- 7) Schaum J. (1983): Risk analysis of TCDD contaminated soil. (Ed) (US)EPA, Office of Health and Environmental Assessment, Washington DC
- 8) 環境庁：土壤中のダイオキシン類に関する検討会第一次報告，1999 年 7 月
- 9) 環境庁：ダイオキシン類に係る大気環境濃度低減のための目標に関する検討会報告，1997 年 6 月
- 10) 環境庁：平成 10 年度ダイオキシン類長期大気曝露影響調査の結果（第 2 次報告）について，1999 年 8 月
- 11) Kimbrough R.D. et al. (1984): Health Implications of 2,3,7,8-tetrachloro-dibenzodioxin (TCDD) Contamination of Residential Soil. J. of Toxicology and Environmental Health 14: 47-93
- 12) Paustenbach D.J. et al. (1987): Assessing the Potential Human Health Hazards of Dioxin-contaminated Soil, Environmental Health and Safety. In: ACS Symposium Series 338, American Chemical Society, Washington DC
- 13) 環境庁・厚生省：ダイオキシンの耐容一日摂取量（TDI）について，1999 年 6 月

## 環境中挙動モデルによる環境媒体中 PCDD+PCDF 濃度の減少率の推定 及び人への曝露に関する試算について

### 1. 人への曝露に関する試算の考え方

ダイオキシン類の人への曝露に関する試算を以下の考え方にして行った。すなわち、ダイオキシン類の環境媒体中濃度の減少率の推定を環境中挙動モデルを用いて行い、これをもとに各環境媒体間の減少率比を導いた。この比を基にして、将来のダイオキシン類の総吸収量の変化（減少）についての試算を行った。

環境媒体中の濃度、さらに入への暴露に関する試算を行うためには、非定常多媒體の運命予測等の環境中挙動モデルを用いる予測・推定手法などを用いることが必須と考えられる。一方、その結果を慎重に判断すると共に、可能な限り適切な推定を試みることが必要である。本検討では、ダイオキシン類の各媒体濃度の減少の大きさ、減少に要する時間等に関する概略値を環境中挙動モデルから導き、これを用いて人への曝露に関する試算を行うことを目的とする。

なお、本試算は、上記のように、現時点で可能な限り適切な推定を試みるためのものであるが、今後の環境挙動や環境モニタリングの検討結果を踏まえ、適宜、検証し、精査することが望ましいと考えられる。

## 2. 環境中挙動モデルの定式化の説明

### 2-1 挙動モデルの概要

大気、土壤、水、底質の4媒体からなる非定常の多媒體環境挙動モデルを作成した。挙動モデルに入力する物性値等は基本的に既存の報告に従う。

基本的には過去に作成された多媒體運命予測モデル (Cowan, C.E., et al. (1995)) とほぼ同等の変数とプロセスを用いて定式化を行った。ただし、本推定では将来予測が必要であることから、非定常・非平衡の形で定式化を行った。定式化に際しては、ダイオキシン類の非定常長期予測についての検討 (Suzuki, N. et al. (1998)) 等もあわせて参考し、必要なプロセス及び諸定数を決定した。

環境挙動モデルの概念図を図1に示す。

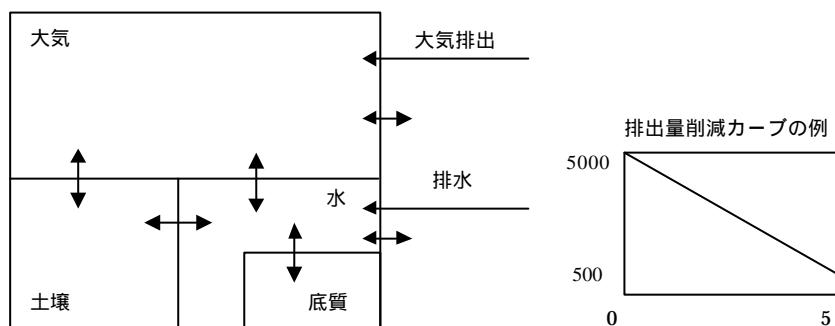


図1 環境挙動モデルの概念図

### 2-2 主要なプロセスの説明

#### 2-2-1 モデル区画

前記4媒体を含む一区画（ワンボックス）型のモデルとした。

#### 2-2-2 大気区画関連の主要なプロセス

大気中の濃度は、蒸気相と粒子吸着相に区分して扱い、大気と土壤区画・水区画との間では、湿性・乾性沈着、大気-土壤および大気-水間の拡散輸送、土壤からの巻き上げのプロセスを考慮した。この他に、系外との交換、大気中での分解等を考慮した。

#### 2-2-3 土壤区画関連の主要なプロセス

土壤区画内では、土壤粒子中濃度、間隙水・間隙空气中濃度を考慮し、土壤区画への流入としては大気区画からの湿性・乾性沈着、及び拡散・巻上げ等による輸送を想定した。一方、水区画に対して土壤間隙水の流出、土壤粒子の流出、また、土壤中での分解等のプロセスを考慮した。

#### 2-2-4 水・底質区画関連の主要なプロセス

水区画については、土壤区画からの流入のほか、大気区画からの湿性・乾性沈着による流入等を仮定した。水区画内では、粒子沈降による底質への移行と分解等を考慮した。

底質区画では、水区画からの粒子沈降による流入と、底質中での分解を仮定した。

#### 2-2-5 対象物質

PCDD+PCDFの各異性体それぞれについて計算を行った。対象物質の一覧を表1に示す。

曝露評価としては計算結果をTEQ値で得ることが必要であるが、異性体毎に物性が異なることから、環境挙動は異性体個別に考慮することが必要である。このため、本推定では、毒性評価対象の2378置換体について推定を行い、ついでWHO-TEF(1998)\*を用いてTEQ値を計算した。なお、以下でTeCDDs等の表記は、各同族体内のTEQ値の合計を表す。

\* WHO-TEF(1998)は、1997年にWHOから提案されたことから、従来WHO-TEF(1997)とされていた。

表1 モデルの対象物質

区分	含まれる化合物の名称	
	(計算項目の内訳)	計算項目
1	2,3,7,8-TeCDD	TeCDDs
2	1,2,3,7,8-PeCDD	P <sub>e</sub> CDDs
3	1,2,3,4,7,8-HxCDD	H <sub>x</sub> CDDs
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	
4	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	H <sub>p</sub> CDDs
5	OCDD	OCDD
6	2,3,7,8-TeCDF	TeCDFs
7	1,2,3,7,8-PeCDF	P <sub>e</sub> CDFs
	2,3,4,7,8-PeCDF	
8	1,2,3,4,7,8-HxCDF	H <sub>x</sub> CDFs
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	
	2,3,4,6,7,8-HxCDF	
9	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	H <sub>p</sub> CDFs
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	
10	OCDF	OCDF

## 2-3 モデル諸定数の設定

## 2-3-1 モデル対象地域

全国を対象とした。水域については、主な湖沼、および東京湾・大阪湾、瀬戸内海等の閉鎖性水域までを水区画の一部としての扱いで考慮した。

## 2-3-2 主要なモデル諸定数

モデル諸定数は表2に示すように設定した。

表2 主要なモデル諸定数値

項目	設定数値				
	TeCDD/F	PeCDD/F	HxCDD/F	HxCDD/F	OCDD/F
蒸気圧(固体) Pa	$5.8 \times 10^{-7}$ / $3.3 \times 10^{-6}$	$5.8 \times 10^{-8}$ / $3.9 \times 10^{-7}$	$9.1 \times 10^{-9}$ / $2.4 \times 10^{-8}$	$2.5 \times 10^{-9}$ / $4.7 \times 10^{-8}$	$2.5 \times 10^{-10}$ / $4.7 \times 10^{-9}$
Henry定数 (atm/(mol/m <sup>3</sup> ))	$3.2 \times 10^{-5}$ / $8.6 \times 10^{-6}$	$2.6 \times 10^{-6}$ / $6.2 \times 10^{-6}$	$1.2 \times 10^{-5}$ / $1.0 \times 10^{-5}$	$7.5 \times 10^{-6}$ / $1.0 \times 10^{-5}$	$7.0 \times 10^{-9}$ / $1.0 \times 10^{-5}$
$\log K_{OW}$	7.38/6.17	7.95/6.56	8.70/7.00	8.70/7.92	8.70/10.2
分解反応の 速度 (1/day)	土壤	$2.0 \times 10^{-4}$	$1.1 \times 10^{-4}$	$6.3 \times 10^{-5}$	$3.6 \times 10^{-5}$
	底質	$1.0 \times 10^{-4}$	$5.5 \times 10^{-5}$	$3.2 \times 10^{-5}$	$1.8 \times 10^{-5}$
	大気	$2.0 \times 10^{-2}$	$1.1 \times 10^{-2}$	$6.3 \times 10^{-3}$	$3.6 \times 10^{-3}$
	水	$2.0 \times 10^{-3}$	$1.1 \times 10^{-3}$	$6.3 \times 10^{-4}$	$3.6 \times 10^{-4}$
エアロゾル降下速度				2 m/h	
有機炭素量	土壤			5 %	
	SS			7.5 %	
	底質			15 %	
土壤層の厚さ				5 cm	
底質層の厚さ				10 cm	
SSの沈降速度				0.01 m/d	
水域のSS濃度				10 mg/l	
大気区画の交換係数				0.05 /d	
水区画の交換係数				0.005 /d	
大気区画の厚さ				500 m	

## 2-4 発生源と初期値、削減シナリオ等の設定

## 2-4-1 発生源と削減シナリオの設定

焼却発生源については、計算開始年における総排出量を、ダイオキシン排出インベントリ

-(ダイオキシン排出抑制対策検討会第二次報告(平成11年6月))を勘案して、概ね5000g/yであるとして、一斉調査の大気中異性体濃度比に基づいて異性体別濃度への分配推定を行つた。同族体ごとのTEQによる発生量の、計算開始年における推定値を表3に示す。

表3 燃却発生源からの排出量(g TEQ / yr)

TeCDDs	PeCDDs	HxCDDs	HpCDDs	OCDDs
74	750	384	151	4
TeCDF <sub>S</sub>	PeCDFs	HxCDFs	HpCDFs	OCDFs
130	1675	1589	242	2

水域への排出量については、上記のダイオキシン排出インベントリーの平成9年度の排出量の推定値を計算開始年における推定値として用いた。

表4 工場などによる河川、海域への排出量(gTEQ / yr)

TeCDDs	PeCDDs	HxCDDs	HpCDDs	OCDDs
0.013	0.043	0.031	0.061	0.001
TeCDF <sub>S</sub>	PeCDFs	HxCDFs	HpCDFs	OCDFs
0.365	0.294	0.280	0.071	0.002

削減シナリオとしては、発生量が総体として5年間で約90%削減(一年あたりの削減量は一定)されると仮定し、表3の発生量が5年間で90%削減されると設定した。

#### 2-4-2 初期値の設定

計算の初期値としては、原則として一斉調査における現状の環境濃度を適用した。現状における実測値は必ずしもモデルの構造と整合的でない可能性が考えられたが、実際には大きな不整合はなく、ほぼ安定した計算結果が得られた。また、このような計算手法を採用することで、現時点までにおける過去の累積発生源の影響を組み込むこと、及び、実測濃度に対するモデル計算結果の整合性を確保することが、おおむね可能になっているものと考えられる。

#### 2-5 予測の結果と減少率の計算

##### 2-5-1 予測計算の結果と感度解析

以上の想定に基づき、各媒体の減少率を計算した結果を図2に示す。図2には、特に水区画の減少率推定の安定性を検討するために、いくつかのパラメーターについて感度解析を行

った結果を合わせて表示した。推定結果はパラメーター設定値による影響を受けるが、全体としてはほぼ安定した推定結果を与えると考えられる。感度解析を行ったパラメーターの一覧を表5に示す。

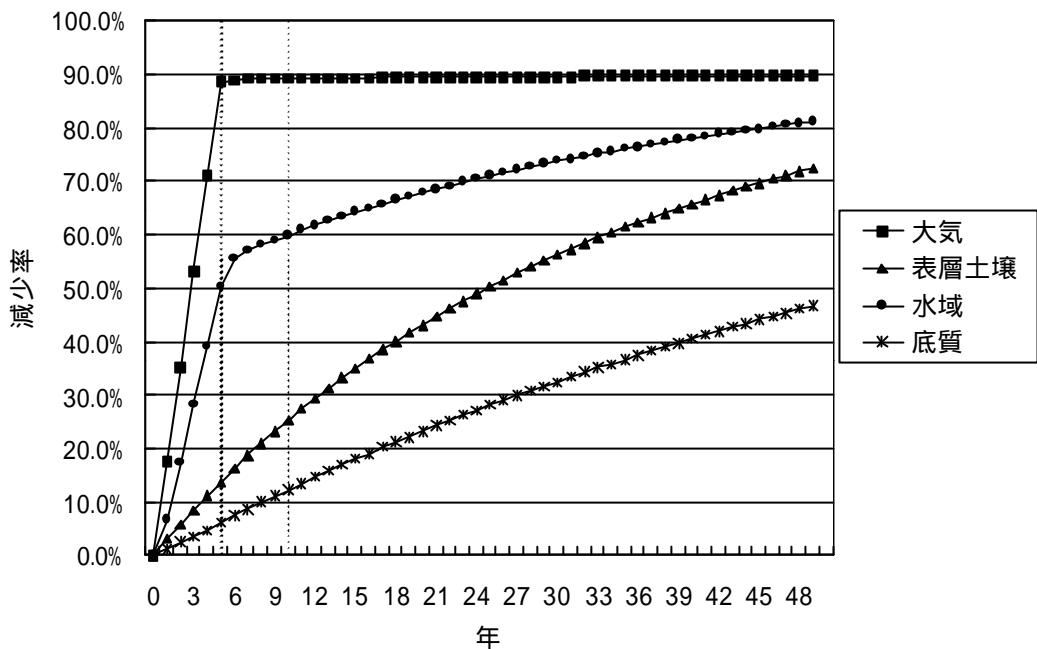


図2 環境媒体中のPCDD+PCDF減少率曲線

表5 感度解析を行ったパラメーターの一覧

パラメーター	元の設定値に対する変動幅
各媒体濃度の初期値	1/2 ~ 2倍
エアロゾルの沈降速度	1/2 ~ 2倍
洗浄係数	1/10 ~ 10倍
土壤の有機炭素量	1/2 ~ 2倍
底質の境界層厚	1/5 ~ 5倍

### 2-5-2 減少率の計算方法

図2で求められた減少率曲線に基づき、5~10年後における大気濃度の減少率の平均値を1とした場合の各媒体の減少率比を求めた(表6)。なお、本モデルでは排出量の減少に対する他媒体の濃度減少速度の感度は小さい。表6には、排出量減少量の変動(41%削減~90%削減)に対する各媒体での推定平均減少率の変動範囲を合わせて示した。土壤・水に対する各媒体間の減少率比は、変動範囲の最小の値を基に設定した。

表6 環境媒体中 PCDD+PCDF 濃度 (TEQ ベース) の各媒体間の減少率比について

	各媒体間の減少率比 (5~10年後)	減少率比の変動範囲
大気濃度	1	-
土壤濃度	0.2	0.22~0.49
水質濃度	0.6	0.64~0.73

### 3. 人への曝露に関する試算

現状のダイオキシン類の大気環境濃度が低減した場合の平均大気環境濃度の減少率を試算した。

平成10年度ダイオキシン類緊急全国一斉調査のデータを用いて、これらが対数正規分布すると仮定し、その95%タイル値(1.36pg-TEQ/m<sup>3</sup>)が、目標濃度値まで低減したとした場合、対数正規分布の平行移動により、大気環境濃度総平均値の減少率を算出した。結果を表7に示す。

表7 大気環境濃度総平均値減少率

目標濃度値 (pg-TEQ/m <sup>3</sup> )	大気環境濃度 総平均値減少率
0.8	41%
0.6	55%
0.4	70%

環境媒体中濃度が減少する場合に総吸収量がどのように変化(減少)するかについて試算を行った。

すべての類型群の大気環境濃度については、目標濃度以下に減少するとした。なお、95%タイル値以下である基本ケース(0.23pg-TEQ/m<sup>3</sup>)、ケース1(0.8pg-TEQ/m<sup>3</sup>)については、表7の大気環境濃度総平均値減少率を用いた。また、土壤中濃度の減少率については、環境中挙動の検討から導いた表6の減少率比に表7の減少率を掛けて求めた。食品の減少率については、同様の方法で算定した水質の減少率が、平成10年度緊急全国一斉調査データにおいて1pg-TEQ/l以下を水質の目標濃度としたときに見込まれる平均水質濃度の減少率32.5%以上である場合には、32.5%に2/3を乗じた21.7%ととし、32.5%未満である場合には、水質の減少率に2/3を乗じた値とした。

なお、上記計算で用いた係数2/3については、現状の国民のダイオキシン類一日摂取量2.00pg-TEQ/kg/日のうちの1.41pg-TEQ/kg/日すなわち約7割が魚介類であり、既存調査データからそのうち内海魚(内海、内湾及び沿海魚)の占める割合が2/3であることから、食品のうち、7割×2/3が概ね水の減少率0.6に従うとし、7割×2/3×0.6、一方で、他の食品約3割については、環境媒体からの寄与は不明であるが、概ね総体として0.5減少すると仮定して、3割×0.5となり、これらから、水質の減少率に従って変動する数値として扱えるように換算して、0.28/0.6+0.15/0.6 2/3を試算の際のデフォルト値(仮の数値)とした。また、減少率比は、PCDD+PCDF濃度(TEQベース)について試算されたものであるが、コプラナーPCBについては、その挙動について知見が不足しているものの、本試算では、一応PCDD+PCDFと同様の減少率比を仮定した。

その試算結果を表8に示す。表8では、算定した大気環境濃度を表7の目標濃度値とした場合の減少後の総吸収量を示した（表8a～cで順に、0.8, 0.6, 0.4pg-TEQ/m<sup>3</sup>とした場合の表を示す）。ダイオキシン類の大気環境濃度が、おおむね0.8pg-TEQ/m<sup>3</sup>程度以下まで低減した場合、環境・食品からの摂取に偏りのある類型群のうち、大気環境がケース1またはケース2であって、食品ケース2及び土壤ケース2を共に含む2類型（現状の想定総吸収量2.71pg-TEQ/kg/日）においては、2pg-TEQ/kg/日を越えていたが、他の類型については2pg-TEQ/kg/日を下回った。大気環境濃度がおおむね0.6pg-TEQ/m<sup>3</sup>程度以下まで低減した場合、環境及び食品から摂取に偏りのある群の最大値ケースについても、TDI 4pg-TEQ/kg/日に相当する吸収量である2pg-TEQ/kg/日を下回った。なお、本最大値ケースは食品、大気、土壤の全てについて、曝露評価を行う目的で大きな摂取の偏りを想定した類型であり、現実的な組み合わせとしては一般的に想定し難いものと考えられる。また、一般生活環境群の吸収量については、1.06～1.42pg-TEQ/kg/日から、0.81～1.10pg-TEQ/kg/日に低下すると試算された。

#### 4.まとめ

上記試算の条件を踏まえ、大気環境の目標濃度を0.6pg-TEQ/m<sup>3</sup>以下とした場合、大気環境濃度が平均的に約55%減少し、土壤については、約11%、水と食品については、それぞれ約33%及び約22%、平均的に減少することを期待するとすれば、現状のダイオキシン類摂取について環境及び食品の両面で偏りのあるケースにおいて、一日摂取量が4pg-TEQ/kg/日以下になると試算された。

なお、ダイオキシン類の環境挙動及び食品への影響などについては未だに十分とは言えないこと、環境挙動モデル及び試算に当たっての仮定等に係る不確実性に十分留意する必要がある。

表8a 想定摂取態様別の類型群の吸収量について

(試算 0.8pg )

減少率 : 大気 = 41.0% 土壌 = 8.2% 水 = 24.6% 食品 = 16.4%

	食品	大気	土壌	PCDD+PCDF ( pg-TEQ/kg/日 )			コブラナ-PCB ( pg-TEQ/kg/日 )			PCDD+PCDF + コブラナ-PCB ( pg-TEQ/kg/日 )			総吸収量 ( pg-TEQ/kg/日 )	大気経由割合 ( % )		
				食品	大気	土壌	食品	大気	土壌	食品	大気	土壌		PCDD+PCDF + コブラナ-PCB	PCDD +PCDF	コブラ ナ-PCB
一般生活シナリオ	基本ケースA 基本ケース 基本ケース	0.35	0.03	0.01	0.48	0.002	0.0003	0.84	0.03	0.01	0.88	0.03	0.01	3.9%	8.6%	0.3%
	基本ケースB 基本ケース 基本ケース	0.38	0.03	0.01	0.75	0.002	0.0003	1.14	0.03	0.01	1.18	0.03	0.01	2.9%	7.8%	0.2%
環境からの摂取に	基本ケースA ケース1 ケース1	0.35	0.11	0.03	0.48	0.006	0.0018	0.84	0.12	0.03	0.99	0.12	0.03	12.2%	23.3%	1.2%
偏りのある類型群	基本ケースA ケース2 ケース1	0.35	0.19	0.03	0.48	0.010	0.0018	0.84	0.20	0.03	1.07	0.20	0.03	19.1%	34.0%	2.0%
	基本ケースA ケース1 ケース2	0.35	0.11	0.27	0.48	0.006	0.0138	0.84	0.12	0.28	1.24	0.12	0.28	9.7%	15.7%	1.2%
	基本ケースA ケース2 ケース2	0.35	0.19	0.27	0.48	0.010	0.0138	0.84	0.20	0.28	1.32	0.20	0.28	15.5%	24.1%	1.9%
	基本ケースB ケース1 ケース1	0.38	0.11	0.03	0.75	0.006	0.0018	1.14	0.12	0.03	1.29	0.12	0.03	9.3%	21.6%	0.8%
	基本ケースB ケース2 ケース1	0.38	0.19	0.03	0.75	0.010	0.0018	1.14	0.20	0.03	1.37	0.20	0.03	14.9%	31.9%	1.3%
	基本ケースB ケース1 ケース2	0.38	0.11	0.27	0.75	0.006	0.0138	1.14	0.12	0.28	1.54	0.12	0.28	7.8%	15.0%	0.8%
	基本ケースB ケース2 ケース2	0.38	0.19	0.27	0.75	0.010	0.0138	1.14	0.20	0.28	1.62	0.20	0.28	12.6%	23.0%	1.3%
	基本ケースA 基本ケース ケース1	0.35	0.03	0.03	0.48	0.002	0.0018	0.84	0.03	0.03	0.90	0.03	0.03	3.8%	8.1%	0.3%
	基本ケースA 基本ケース ケース2	0.35	0.03	0.27	0.48	0.002	0.0138	0.84	0.03	0.28	1.15	0.03	0.28	3.0%	5.1%	0.3%
	基本ケースB 基本ケース ケース1	0.38	0.03	0.03	0.75	0.002	0.0018	1.14	0.03	0.03	1.20	0.03	0.03	2.9%	7.4%	0.2%
	基本ケースB 基本ケース ケース2	0.38	0.03	0.27	0.75	0.002	0.0138	1.14	0.03	0.28	1.45	0.03	0.28	2.4%	4.8%	0.2%
食品からの摂取に	ケース1 基本ケース 基本ケース	0.45	0.03	0.01	0.68	0.002	0.0003	1.13	0.03	0.01	1.17	0.03	0.01	3.0%	6.8%	0.2%
偏りのある類型群	ケース2 基本ケース 基本ケース	0.56	0.03	0.01	1.12	0.002	0.0003	1.67	0.03	0.01	1.71	0.03	0.01	2.0%	5.6%	0.1%
環境・食品からの摂取に	ケース1 ケース1 ケース1	0.45	0.11	0.03	0.68	0.006	0.0018	1.13	0.12	0.03	1.28	0.12	0.03	9.4%	19.2%	0.9%
偏りのある類型群	ケース1 ケース2 ケース1	0.45	0.19	0.03	0.68	0.010	0.0018	1.13	0.20	0.03	1.36	0.20	0.03	15.0%	28.8%	1.4%
	ケース1 ケース1 ケース2	0.45	0.11	0.27	0.68	0.006	0.0138	1.13	0.12	0.28	1.53	0.12	0.28	7.9%	13.8%	0.9%
	ケース1 ケース2 ケース2	0.45	0.19	0.27	0.68	0.010	0.0138	1.13	0.20	0.28	1.61	0.20	0.28	12.7%	21.3%	1.4%
	ケース2 ケース1 ケース1	0.56	0.11	0.03	1.12	0.006	0.0018	1.67	0.12	0.03	1.82	0.12	0.03	6.6%	16.3%	0.5%
	ケース2 ケース2 ケース1	0.56	0.19	0.03	1.12	0.010	0.0018	1.67	0.20	0.03	1.91	0.20	0.03	10.7%	24.9%	0.9%
	ケース2 ケース1 ケース2	0.56	0.11	0.27	1.12	0.006	0.0138	1.67	0.12	0.28	2.07	0.12	0.28	5.8%	12.2%	0.5%
	ケース2 ケース2 ケース2	0.56	0.19	0.27	1.12	0.010	0.0138	1.67	0.20	0.28	2.16	0.20	0.28	9.5%	19.1%	0.9%
	ケース1 基本ケース ケース1	0.45	0.03	0.03	0.68	0.002	0.0018	1.13	0.03	0.03	1.19	0.03	0.03	2.9%	6.4%	0.2%
	ケース1 基本ケース ケース2	0.45	0.03	0.27	0.68	0.002	0.0138	1.13	0.03	0.28	1.44	0.03	0.28	2.4%	4.4%	0.2%
	ケース2 基本ケース ケース1	0.56	0.03	0.03	1.12	0.002	0.0018	1.67	0.03	0.03	1.74	0.03	0.03	2.0%	5.4%	0.1%
	ケース2 基本ケース ケース2	0.56	0.03	0.27	1.12	0.002	0.0138	1.67	0.03	0.28	1.99	0.03	0.28	1.7%	3.9%	0.1%

表8b 想定摂取態様別の類型群の吸収量について

(試算 0.6pg )

減少率 : 大気 = 55.0% 土壌 = 11.0% 水 = 33.0% 食品 = 21.7%

	食品	大気	土壌	PCDD+PCDF ( pg-TEQ/kg/日 )			コブラナ-PCB ( pg-TEQ/kg/日 )			PCDD+PCDF + コブラナ-PCB ( pg-TEQ/kg/日 )			総吸収量 ( pg-TEQ/kg/日 )	大気経由割合 ( % )		
				食品	大気	土壌	食品	大気	土壌	食品	大気	土壌		PCDD+PCDF + コブラナ-PCB	PCDD +PCDF	コブラ ナ-PCB
一般生活シナリオ	基本ケースA 基本ケース 基本ケース	0.32	0.03	0.01	0.45	0.001	0.0003	0.78	0.03	0.01	0.81	0.03	3.2%	7.1%	0.3%	
	基本ケースB 基本ケース 基本ケース	0.36	0.03	0.01	0.70	0.001	0.0003	1.06	0.03	0.01	1.10	0.03	2.4%	6.5%	0.2%	
環境からの摂取に	基本ケースA ケース 1 ケース 1	0.32	0.09	0.03	0.45	0.005	0.0018	0.78	0.09	0.03	0.90	0.03	10.2%	19.8%	1.0%	
偏りのある類型群	基本ケースA ケース 2 ケース 1	0.32	0.15	0.03	0.45	0.007	0.0018	0.78	0.15	0.03	0.97	0.03	15.8%	29.2%	1.6%	
	基本ケースA ケース 1 ケース 2	0.32	0.09	0.26	0.45	0.005	0.0134	0.78	0.09	0.27	1.15	0.03	8.0%	13.0%	1.0%	
	基本ケースA ケース 2 ケース 2	0.32	0.15	0.26	0.45	0.007	0.0134	0.78	0.15	0.27	1.21	0.03	12.7%	20.0%	1.5%	
	基本ケースB ケース 1 ケース 1	0.36	0.09	0.03	0.70	0.005	0.0018	1.06	0.09	0.03	1.19	0.03	7.7%	18.3%	0.6%	
	基本ケースB ケース 2 ケース 1	0.36	0.15	0.03	0.70	0.007	0.0018	1.06	0.15	0.03	1.25	0.03	12.3%	27.3%	1.0%	
	基本ケースB ケース 1 ケース 2	0.36	0.09	0.26	0.70	0.005	0.0134	1.06	0.09	0.27	1.43	0.03	6.4%	12.4%	0.6%	
	基本ケースB ケース 2 ケース 2	0.36	0.15	0.26	0.70	0.007	0.0134	1.06	0.15	0.27	1.49	0.03	10.3%	19.1%	1.0%	
	基本ケースA 基本ケース ケース 1	0.32	0.03	0.03	0.45	0.001	0.0018	0.78	0.03	0.03	0.84	0.03	3.1%	6.7%	0.3%	
	基本ケースA 基本ケース ケース 2	0.32	0.03	0.26	0.45	0.001	0.0134	0.78	0.03	0.27	1.08	0.03	2.4%	4.2%	0.2%	
	基本ケースB 基本ケース ケース 1	0.36	0.03	0.03	0.70	0.001	0.0018	1.06	0.03	0.03	1.12	0.03	2.4%	6.1%	0.2%	
	基本ケースB 基本ケース ケース 2	0.36	0.03	0.26	0.70	0.001	0.0134	1.06	0.03	0.27	1.36	0.03	1.9%	3.9%	0.2%	
食品からの摂取に	ケース 1 基本ケース 基本ケース	0.42	0.03	0.01	0.63	0.001	0.0003	1.06	0.03	0.01	1.09	0.03	2.4%	5.6%	0.2%	
偏りのある類型群	ケース 2 基本ケース 基本ケース	0.52	0.03	0.01	1.05	0.001	0.0003	1.57	0.03	0.01	1.60	0.03	1.7%	4.6%	0.1%	
環境・食品からの摂取に	ケース 1 ケース 1 ケース 1	0.42	0.09	0.03	0.63	0.005	0.0018	1.06	0.09	0.03	1.18	0.03	7.8%	16.2%	0.7%	
偏りのある類型群	ケース 1 ケース 2 ケース 1	0.42	0.15	0.03	0.63	0.007	0.0018	1.06	0.15	0.03	1.24	0.03	12.3%	24.4%	1.1%	
	ケース 1 ケース 1 ケース 2	0.42	0.09	0.26	0.63	0.005	0.0134	1.06	0.09	0.27	1.42	0.03	6.5%	11.4%	0.7%	
	ケース 1 ケース 2 ケース 2	0.42	0.15	0.26	0.63	0.007	0.0134	1.06	0.15	0.27	1.48	0.03	10.3%	17.6%	1.1%	
	ケース 2 ケース 1 ケース 1	0.52	0.09	0.03	1.05	0.005	0.0018	1.57	0.09	0.03	1.69	0.03	5.4%	13.7%	0.4%	
	ケース 2 ケース 2 ケース 1	0.52	0.15	0.03	1.05	0.007	0.0018	1.57	0.15	0.03	1.75	0.03	8.8%	21.0%	0.7%	
	ケース 2 ケース 1 ケース 2	0.52	0.09	0.26	1.05	0.005	0.0134	1.57	0.09	0.27	1.93	0.03	4.8%	10.1%	0.4%	
	ケース 2 ケース 2 ケース 2	0.52	0.15	0.26	1.05	0.007	0.0134	1.57	0.15	0.27	1.99	0.03	7.7%	15.8%	0.7%	
	ケース 1 基本ケース ケース 1	0.42	0.03	0.03	0.63	0.001	0.0018	1.06	0.03	0.03	1.11	0.03	2.4%	5.3%	0.2%	
	ケース 1 基本ケース ケース 2	0.42	0.03	0.26	0.63	0.001	0.0134	1.06	0.03	0.27	1.35	0.03	1.9%	3.6%	0.2%	
	ケース 2 基本ケース ケース 1	0.52	0.03	0.03	1.05	0.001	0.0018	1.57	0.03	0.03	1.62	0.03	1.6%	4.4%	0.1%	
	ケース 2 基本ケース ケース 2	0.52	0.03	0.26	1.05	0.001	0.0134	1.57	0.03	0.27	1.86	0.03	1.4%	3.1%	0.1%	

表8c 想定摂取態様別の類型群の吸収量について

(試算 0.4pg )

減少率 : 大気 = 70.0% 土壌 = 14.0% 水 = 42.0% 食品 = 21.7%

	食品	大気	土壌	PCDD+PCDF ( pg-TEQ/kg/日 )			コブラナ-PCB ( pg-TEQ/kg/日 )			PCDD+PCDF + コブラナ-PCB ( pg-TEQ/kg/日 )			総吸収量 ( pg-TEQ/kg/日 )	大気経由割合 ( % )		
				食品	大気	土壌	食品	大気	土壌	食品	大気	土壌		PCDD+PCDF + コブラナ-PCB	PCDD +PCDF	コブラ ナ-PCB
一般生活シナリオ	基本ケースA 基本ケース 基本ケース	0.32	0.02	0.01	0.45	0.001	0.0003	0.78	0.02	0.01	0.81	0.02	2.2%	4.9%	0.2%	
	基本ケースB 基本ケース 基本ケース	0.36	0.02	0.01	0.70	0.001	0.0003	1.06	0.02	0.01	1.09	0.02	1.6%	4.4%	0.1%	
環境からの摂取に	基本ケースA ケース1 ケース1	0.32	0.06	0.03	0.45	0.003	0.0017	0.78	0.06	0.03	0.87	0.02	7.0%	14.2%	0.7%	
偏りのある類型群	基本ケースA ケース2 ケース1	0.32	0.10	0.03	0.45	0.005	0.0017	0.78	0.10	0.03	0.91	0.02	11.2%	21.6%	1.1%	
	基本ケースA ケース1 ケース2	0.32	0.06	0.25	0.45	0.003	0.0129	0.78	0.06	0.26	1.11	0.02	5.5%	9.2%	0.7%	
	基本ケースA ケース2 ケース2	0.32	0.10	0.25	0.45	0.005	0.0129	0.78	0.10	0.26	1.15	0.02	8.9%	14.5%	1.0%	
	基本ケースB ケース1 ケース1	0.36	0.06	0.03	0.70	0.003	0.0017	1.06	0.06	0.03	1.15	0.02	5.3%	13.0%	0.4%	
	基本ケースB ケース2 ケース1	0.36	0.10	0.03	0.70	0.005	0.0017	1.06	0.10	0.03	1.20	0.02	8.5%	20.0%	0.7%	
	基本ケースB ケース1 ケース2	0.36	0.06	0.25	0.70	0.003	0.0129	1.06	0.06	0.26	1.39	0.02	4.4%	8.7%	0.4%	
	基本ケースB ケース2 ケース2	0.36	0.10	0.25	0.70	0.005	0.0129	1.06	0.10	0.26	1.43	0.02	7.1%	13.8%	0.7%	
	基本ケースA 基本ケース ケース1	0.32	0.02	0.03	0.45	0.001	0.0017	0.78	0.02	0.03	0.83	0.02	2.1%	4.6%	0.2%	
	基本ケースA 基本ケース ケース2	0.32	0.02	0.25	0.45	0.001	0.0129	0.78	0.02	0.26	1.06	0.02	1.7%	2.9%	0.2%	
	基本ケースB 基本ケース ケース1	0.36	0.02	0.03	0.70	0.001	0.0017	1.06	0.02	0.03	1.11	0.02	1.6%	4.2%	0.1%	
	基本ケースB 基本ケース ケース2	0.36	0.02	0.25	0.70	0.001	0.0129	1.06	0.02	0.26	1.34	0.02	1.3%	2.7%	0.1%	
食品からの摂取に	ケース1 基本ケース 基本ケース	0.42	0.02	0.01	0.63	0.001	0.0003	1.06	0.02	0.01	1.08	0.02	1.6%	3.8%	0.1%	
偏りのある類型群	ケース2 基本ケース 基本ケース	0.52	0.02	0.01	1.05	0.001	0.0003	1.57	0.02	0.01	1.59	0.02	1.1%	3.1%	0.1%	
環境・食品からの摂取に	ケース1 ケース1 ケース1	0.42	0.06	0.03	0.63	0.003	0.0017	1.06	0.06	0.03	1.15	0.02	5.3%	11.4%	0.5%	
偏りのある類型群	ケース1 ケース2 ケース1	0.42	0.10	0.03	0.63	0.005	0.0017	1.06	0.10	0.03	1.19	0.02	8.6%	17.7%	0.8%	
	ケース1 ケース1 ケース2	0.42	0.06	0.25	0.63	0.003	0.0129	1.06	0.06	0.26	1.38	0.02	4.4%	8.0%	0.5%	
	ケース1 ケース2 ケース2	0.42	0.10	0.25	0.63	0.005	0.0129	1.06	0.10	0.26	1.42	0.02	7.2%	12.6%	0.7%	
	ケース2 ケース1 ケース1	0.52	0.06	0.03	1.05	0.003	0.0017	1.57	0.06	0.03	1.66	0.02	3.7%	9.6%	0.3%	
	ケース2 ケース2 ケース1	0.52	0.10	0.03	1.05	0.005	0.0017	1.57	0.10	0.03	1.70	0.02	6.0%	15.1%	0.5%	
	ケース2 ケース1 ケース2	0.52	0.06	0.25	1.05	0.003	0.0129	1.57	0.06	0.26	1.89	0.02	3.2%	7.0%	0.3%	
	ケース2 ケース2 ケース2	0.52	0.10	0.25	1.05	0.005	0.0129	1.57	0.10	0.26	1.93	0.02	5.3%	11.2%	0.5%	
	ケース1 基本ケース ケース1	0.42	0.02	0.03	0.63	0.001	0.0017	1.06	0.02	0.03	1.10	0.02	1.6%	3.6%	0.1%	
	ケース1 基本ケース ケース2	0.42	0.02	0.25	0.63	0.001	0.0129	1.06	0.02	0.26	1.34	0.02	1.3%	2.4%	0.1%	
	ケース2 基本ケース ケース1	0.52	0.02	0.03	1.05	0.001	0.0017	1.57	0.02	0.03	1.61	0.02	1.1%	3.0%	0.1%	
	ケース2 基本ケース ケース2	0.52	0.02	0.25	1.05	0.001	0.0129	1.57	0.02	0.26	1.85	0.02	1.0%	2.1%	0.1%	

#### 4 . 引用文献

Suzuki N. et al. (1998): Model simulation of the long-term environmental fate and profile transformation of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans by the dynamic multimedia environmental fate model, *Organohalogen Compounds* **36**: 441-444

Cowan C.E. et al. (1995): The Multimedia Fate Model, *Society of Environmental Toxicology and Chemistry, SETAC Press*

Rordorf B. F. et al.(1990): Vapor pressure measurements on halogenated dibenzo p dioxins and dibenzo furans. An extended data set for a correlation method, *Chemosphere* Vol.20, No.10/12 : 1603 1609

Eitzer B. D. and Hites R. A (1989): Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in the ambient atmosphere of Bloomington, Indiana.,*Environ Sci Technol* vol.23, No.11 :1389-1395

EPA(1994): Estimating Exposure to Dioxin-Like Compounds. Volume Properties, Sources, Occurrence and Background Exposures.

EPA(1994): Estimating Exposure to Dioxin-Like Compounds. Volume Site-Specific assessment Procedures.

Bidleman T. F.(1988): Atmospheric processes. Wet and dry deposition of organic compounds are controlled by their vapor-particle partitioning, *Environ. Sci. Techol.*, 22-4 : 361-367

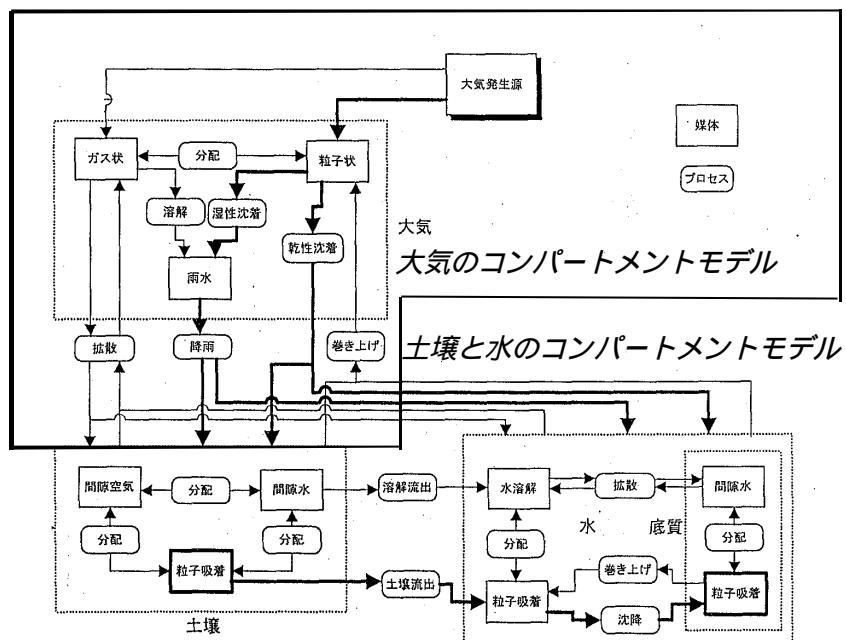
Lyman et al.(1982): Handbook of Chemical Property Estimation Methods. New York:Mcgraw-Hill.

Gillete D.A.(1981): Production of dust that may be carried greate distances. In: T.Pewe, ed. Desert Dust: Origin, Characteristics, and Effect on Man, *Geological society of America Special Paper* 186: 11-26

## 5 . Appendix

## 5-1 挥動モデルの概要

揮動モデル作成については、図4に示す各環境過程を想定してモデル化を行った。



## 5-2 基礎方程式

## 5-2-1 各区画の基礎方程式

## (1) 大気コンパートメントの基礎方程式

$$\begin{aligned} d/dt (C_{pat}^j + C_{air}^j) Vol^{air} &= Emi^j - (WD^j + DD^j) Sur^{air} + (Dif^j + Res^j) Sur^{drain} \\ &+ Ex Vol^{air} (C_{patbg}^j + C_{airbg}^j - C_{pat}^j - C_{air}^j) \\ &- V_{DEC}^j (C_{pat}^j + C_{air}^j) Vol^{air} \end{aligned}$$

- $C_{pat}^j$  : 大気中の濃度 : 粒子相( $\text{pg}/\text{Nm}^3$ )  
 $C_{air}^j$  : 大気中の濃度 : 気相( $\text{pg}/\text{Nm}^3$ )  
 $Vol^{air}$  : 大気コンパートメントの体積( $\text{m}^3$ )  
 $Sur^{air}$  : 大気コンパートメントの面積( $\text{m}^2$ )  
 $Sur^{drain}$  : 土壤コンパートメントの面積( $\text{m}^2$ )  
 $WD^j$  : 湿性沈着による降下量 :  $\text{pg}/\text{m}^2/\text{day}$  (5.4(1)参照)  
 $DD^j$  : 乾性沈着による降下量 :  $\text{pg}/\text{m}^2/\text{day}$  (5.4(2)参照)  
 $Dif^j$  : 大気と土壤の気相との交換 :  $\text{pg}/\text{m}^2/\text{day}$  (5.4(3)参照)  
 $Res^j$  : 土壤からの巻き上げ :  $\text{pg}/\text{m}^2/\text{day}$   
 $Emi^j$  : 焼却場からの排出量 :  $\text{pg}/\text{day}$   
 $Ex$  : 大気コンパートメントと領域外の大気との交換係数(/day)  
 $C_{patbg}^j$  : 大気中の粒子相濃度のバックグラウンド( $\text{pg}/\text{Nm}^3$ )  
 $C_{airbg}^j$  : 大気中の気相濃度のバックグラウンド( $\text{pg}/\text{Nm}^3$ )  
 $V_{dec}^j$  : 分解速度定数 (/day)

## (2) 土壤コンパートメントの基礎方程式

$$\begin{aligned} & \frac{d}{dt} (wv D_{\text{solution}}^j + (1-ws) D_{\text{soil}}^j + (ws - wv) D_{\text{air}}^j) \text{Vol}^{\text{drain}} \\ &= (WD^j + DD^j) \text{Sur}^{\text{drain}} - (Dif^j + Res^j) \text{Sur}^{\text{drain}} \\ & - Q^{\text{out}} D_{\text{solution}}^j - Q^{\text{ssout}} D_{\text{soil}}^j \\ & - V_{\text{DEC}}^j (wv D_{\text{solution}}^j + (1-ws) D_{\text{soil}}^j + (ws - wv) D_{\text{air}}^j) \end{aligned}$$

wv : 土壤中の水分の占める割合(5.5 参照)

ws : 土壤の空隙率

Vol<sup>soil</sup> : 土壤コンパートメントの容積(m<sup>3</sup>): 土壤密度(g/m<sup>3</sup>)D<sub>solution</sub><sup>j</sup> : 土壤水中の濃度(pg/m<sup>3</sup>)D<sub>soil</sub><sup>j</sup> : 土壤中の濃度(pg/g)D<sub>air</sub><sup>j</sup> : 間隙空気の濃度 (pg/Nm<sup>3</sup>)Q<sup>out</sup> : 土壤から水域に流出する水量 (m<sup>3</sup>/day) (5.5 参照)Q<sup>ssout</sup> : 土壤から水域に流出する土砂量 (g/day) (5.7 参照)

## (3) 水域コンパートメントの基礎方程式

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} (E_{\text{diss}}^j + E_{\text{pat}}^j) \text{Vol}^{\text{water}} &= E_{\text{mi}}(r)^j + (WD^j + DD^j) \text{Sur}^{\text{airwater}} \\ &+ (Q^{\text{out}} D_{\text{solution}}^j + Q^{\text{ssout}} D_{\text{soil}}^j) - Q^{\text{riverout}} (E_{\text{diss}}^j + E_{\text{pat}}^j) \\ &- (Sink^j - Release^j) \text{Sur}^{\text{water}} \\ &- V_{\text{DEC}}^j (E_{\text{diss}}^j + E_{\text{pat}}^j) \text{Vol}^{\text{water}} \\ &+ Ex_{\text{wat}} (E_{\text{dissbg}}^j + E_{\text{patbg}}^j - E_{\text{diss}}^j - E_{\text{pat}}^j) \text{Vol}^{\text{water}} \end{aligned}$$

E<sub>diss</sub><sup>j</sup> : 水中の溶存態の濃度 (pg/m<sup>3</sup>)E<sub>pat</sub><sup>j</sup> : 水中の懸濁態の濃度 (pg/m<sup>3</sup>)Vol<sup>water</sup> : 水域部分の体積 (m<sup>3</sup>)E<sub>mi</sub>(r)<sup>j</sup> : 水域への排出量 (pg/day)Q<sup>riverout</sup> : 水域から流出する流量 (m<sup>3</sup>/day)Sur<sup>water</sup> : 水域部分の面積 (m<sup>2</sup>)Sur<sup>airwater</sup> : 水域部分と大気の接触面積 (被覆部分の流域を含む) (m<sup>2</sup>)Sink<sup>j</sup> : 沈降による水域からの除去速度 (pg/m<sup>2</sup>/day) (5.8 参照)Release<sup>j</sup> : 底泥からの溶出速度 (pg/m<sup>2</sup>/day) (5.8 参照)Ex<sub>wat</sub> : 海水の外洋との交換係数 (/day)E<sub>dissbg</sub><sup>j</sup> : 海水のバックグラウンドの濃度 (溶存態) (pg/m<sup>3</sup>)E<sub>patbg</sub><sup>j</sup> : 海水のバックグラウンドの濃度 (懸濁態) (pg/m<sup>3</sup>)

## (4) 底質コンパートメントの基礎方程式

$$\begin{aligned} & \frac{d}{dt} (F_{\text{solution}}^j + F_{\text{sediment}}^j (1 - \text{W}^j) \text{s}) \text{Sur}^{\text{water}} h^{\text{sediment}} = \\ & + (Sink^j - Release^j) \text{Sur}^{\text{water}} \\ & - V_{\text{DEC}}^j (F_{\text{solution}}^j + F_{\text{sediment}}^j (1 - \text{W}^j) \text{s}) \text{Sur}^{\text{water}} h^{\text{sediment}} \\ & - W F_{\text{sediment}}^j (1 - \text{W}^j) \text{Sur}^{\text{water}} \end{aligned}$$

F<sub>solution</sub><sup>j</sup> : 底質の間隙水中の濃度 (pg/m<sup>3</sup>)F<sub>sediment</sub><sup>j</sup> : 底質粒子中の含有率 (pg/g)h<sub>sediment</sub> : 底質の厚さ (m)W<sup>j</sup> : 堆積速度 (m/day)

: 底質の空隙率

s : 底質の密度 (g/m<sup>3</sup>)

## 5-3-1 大気中の蒸気 / 粒子分配

## (1) ダイオキシン類の蒸気圧の設定

固相 (solid phase) の蒸気圧については EPA のレポートの結果に基づく表-5.3 に示す値を設定した。

表-5.3 固体蒸気圧 (単位 : mmHg)

化合物名	蒸気圧
TeCDDs	$5.8 \times 10^{-7}$
PeCDDs	$5.8 \times 10^{-8}$
HxCDDs	$9.1 \times 10^{-9}$
HpCDDs	$2.5 \times 10^{-9}$
OCDD	$2.5 \times 10^{-9}$
TeCDFs	$3.3 \times 10^{-6}$
PeCDFs	$3.3 \times 10^{-7}$
HxCDFs	$2.4 \times 10^{-8}$
HpCDFs	$4.7 \times 10^{-8}$
OCDF	$4.7 \times 10^{-9}$

この値から以下に示す関係式にしたがって過冷却液相の蒸気圧を計算した。

$$\ln ( P_l / P_s ) = S_f ( T - T_m ) / RT$$

$P_l$  : 蒸気圧 (liquid sub-cooled vapor pressure)  
 $P_s$  : 蒸気圧 (crystalline solid vapor pressure)  
 $S_f$  : 融点でのエントロピー変化 (atm-m<sup>3</sup>/mole/degK)  
 $R$  : 気体定数 (atm-m<sup>3</sup>/mole/degK)  
 $T_m$  : 融点 (°K)  
 $T$  : 環境の温度 (°K)

ここでは  $R / S_f$  の値として 6.79 を用いた。融点については表-5.4 に示す値を用いた。

表-5.4 ダイオキシン類の融点の値 (°K)

化合物名	融点 max	融点 Min	融点 Used	備考
TeCDDs	306.0	305.0	305.5	Mean
PeCDDs	241.0	240.0	240.5	Mean
HxCDDs	286.0	243.0	264.5	Mean
HpCDDs	265.0	264.0	264.5	Mean
OCDD	326.0	325.0	325.5	Mean
TeCDFs	228.0	227.0	227.5	Mean
PeCDFs	227.0	196.5	211.8	Mean
HxCDFs	249.0	225.5	237.3	Mean
HpCDFs	237.0	221.0	229.0	Mean
OCDF	258.0	260.0	259.0	Mean

## (2) 蒸気圧から粒子相 / 気相の比率の推定

25 の粒子相 / 気相を以下の式を用いて塩素数ごとに計算した。

$$R^{25} = 6.11 \times 10^7 Vp^{1.14}$$

ここで  $R^{25}$  は 25 での粒子相の気相に対して占める比率、 $Vp$  は蒸気圧 (Pascal) を示す。

## (3) 気温による補正

気温  $t$  の時の比率  $R^t$  を  $R^{25}$  から以下の式で補正した。

$$R^t = R^{25} \times \exp (11.13 (1000 / (273+25) - 1000 / (273+t))$$

### 5-3-2 大気 - 土壌間の過程の定式化

#### (1) 湿性沈着

湿性沈着は気相、および粒子相について考慮した。気相の湿性沈着量はヘンリー定数から降雨中の濃度を

$$C_{\text{rain}}^{\text{air}} (\text{Pg/m}^3) = C_{\text{air}}^{\text{air}} (\text{Pg/Nm}^3) \times 22400 / H (\text{atm/(mol/m}^3))$$

で求めた。 $C_{\text{rain}}^{\text{air}}$ は降雨中の濃度、 $C_{\text{air}}^{\text{air}}$ は大気中の気相の濃度を示す。Hはヘンリー定数である。ヘンリー定数は表-5.5に示す値を用いた。 $WD_{\text{air}}^{\text{air}}$ は下式により求めた。

$$WD_{\text{air}}^{\text{air}} (\text{Pg/m}^2/\text{day}) = \text{Rain} (\text{m/day}) \times C_{\text{rain}}^{\text{air}} (\text{Pg/m}^3)$$

粒子相の湿性沈着量については、係数を f として

$$WD_{\text{pat}}^{\text{air}} (\text{Pg/m}^2/\text{day}) = \text{Rain} (\text{m/day}) \times C_{\text{pat}}^{\text{air}} (\text{Pg/m}^3) \times f$$

で計算を行なった。 $C_{\text{pat}}^{\text{air}}$ は大気中のダイオキシン類の粒子相の濃度を表す。ここで  $WD^{\text{air}}$  と  $WD^{\text{pat}}$  の合計から湿性沈着量を求めた。

表-5.5 Henry 定数の値 (atm / (mol/m<sup>3</sup>))

異性体名	値	異性体名	値
TeCDD(mean)	$3.2 \times 10^{-5}$	TeCDF(mean)	$8.6 \times 10^{-6}$
PeCDDs(mean)	$2.6 \times 10^{-6}$	PeCDFs(mean)	$6.2 \times 10^{-6}$
HxCDDs(mean)	$1.2 \times 10^{-5}$	HxCDFs(mean)	$1.0 \times 10^{-5}$
HxCDFs(mean)	$7.5 \times 10^{-6}$	HxCDFs(mean)	$1.0 \times 10^{-5}$
OCDD(mean)	$7.0 \times 10^{-9}$	OCDF(mean)	$1.0 \times 10^{-5}$

#### (2) 乾性沈着

乾性沈着量は、大気中の粒子相の濃度と沈降速度から

$$DD^{\text{air}} (\text{Pg/m}^2/\text{day}) = \text{sink} (\text{m / day}) C_{\text{pat}}^{\text{air}} (\text{Pg/m}^3)$$

で計算を行なった。

表-5.6 粒子別の沈降速度

沈降粒子の種類	粒径	沈着表面	沈降速度(cm/s)
Particles	0.03-30	Grassland	$10^{-3}$ - 40
Pollen	20	Grassland	4.5
	32-35	Glassland	9.9
	90-100	Grassland	20
Natural Aerosol Pb Auto exhaust	1-10	Grass shard	0.8

#### (3) 土壌空気の拡散

土壤気相から大気への拡散量、Flux は、境界層の厚さを H(m) として

$$Dif^{\text{air}} (\text{pg/m}^2/\text{day}) = ((Dea \times (1 \times 10^4 / 86400)) / H) \times (D_{\text{air}}^{\text{air}} - C_{\text{air}}^{\text{air}})$$

の式で計算を行なった。ここで  $D_{\text{air}}^{\text{air}}$ 、 $C_{\text{air}}^{\text{air}}$  はそれぞれ土壤層中、および大気中の気相の濃度 (pg/Nm<sup>3</sup>) を示す。 は気体の密度 (g/m<sup>3</sup>) である。Dea はダイオキシン類の有効拡散係数であり気相の分子拡散係数、Dc と空隙率 EsIp を用いて

$$Dea (\text{cm}^2/\text{s}) = Dc (\text{cm}^2/\text{s}) EsIp^{0.33}$$

で計算される。境界層の厚さ H は 1m、拡散係数、Dc は 0.47 cm<sup>2</sup>/s とした (Estimating exposure media concentration. EPA report 4-27 ~ 4-31. roughness height としては 0.1 ~ 1000 cm の範囲にわたるため中間的な値を用いた)。

#### (4) 土壤からの巻き上げ

土壤からの巻き上げ量の評価は同じく EPA のレポートを参考に計算を行なった。最初に 10 μm

以下の粒子の巻き上げ量を以下の式から計算する。

$$Ee(g/m^2/day) = 0.036 (1-V) ( Um(m/s) / Ut(m/s) )^3 F(x) \times (24)$$

ここでVは土壤の植物による被覆率、Um、Utはそれぞれ年間平均風速、および風速の閾値を示す、F(x)はパラメータであり1.05が報告されているためその値を用いた。

汚濁物質のフラックスWEは

$$Res^j (pg/m^2/day) = D_{soil}^j (pg/g) Ee$$

で計算される。D<sub>soil</sub><sup>j</sup>は土壤粒子中のダイオキシン類吸着量であり各ステップで計算される。風速UtはEPAのレポートで報告されている値(7m/s)を用いた(Estimating exposure media concentration. EPA report 4-32~4-34)。

### 5-3-3 水収支の計算

土壤水分の収支式 :

$$d/dt ( Sur^{drain} h^{drain} wv ) = Sur^{drain} Q^{up} - Q^{out}$$

Sur<sup>drain</sup> : 集水域の面積 (m<sup>2</sup>)

h<sup>drain</sup> : 層厚 (m)

wv : 各土壤層の水分容積の占める割合

Q<sup>up</sup> : 層の上面から浸透する流速 (m/day)

(降雨量から蒸発量を差し引いた値 (m/day))

### 5-3-4 土壤中の分配

土壤中の濃度は、大気との収支(湿性沈着・乾性沈着による増加、揮発・巻き上げによる減少)、土壤から河川への流出を考慮し、次に平衡関係を用いた以下の式にしたがって土壤大気中、土壤水中、および土壤に吸着している含有量に配分した。

$$total = wv D_{solution}^j + D_{soil}^j (1 - ws) * + D_{air}^j (ws - wv)$$

$$D_{soil}^j = D_{solution}^j Kd$$

$$D_{solution}^j = D_{air}^j / 224000 H$$

total (pg / m<sup>3</sup>) : 土壤中の総含有量(各ステップで計算される)

D<sub>solution</sub><sup>j</sup> (pg / m<sup>3</sup>) : 土壤水中の濃度(各ステップで計算される)

D<sub>soil</sub><sup>j</sup> (pg / g) : 土壤に吸着している含有量(各ステップで計算される)

D<sub>air</sub><sup>j</sup> (pg / m<sup>3</sup>) : 土壤気相中の濃度(各ステップで計算される)

wv : 土壤水分の占める割合(各ステップで計算される)

ws : 土壤の空隙率(75%とした)

(g/m<sup>3</sup>) : 土壤密度(2.5 × 10<sup>6</sup>とした)

Kd : 吸着定数(KOC × OCで求めた。OCは有機炭素の比率を示す)

H(atm m<sup>3</sup> / mol) : Henry定数

なお、ここでK<sub>OC</sub>についてはEPAのレポートによると表-5.7の値が報告されているがここではこれらの平均的な値としてlog K<sub>OC</sub> = 5.90 (K<sub>OC</sub> = 7.94 × 10<sup>5</sup>)とした。

表-5.7 KOCの報告値 (TeCDFについては報告値なし)

異性体名	log Koc
1237-TeCDD	5.97
2378-TeCDD	5.68 ~ 7.42
TCDD mean	6.2
12347-PeCDD	5.68
PeCDD mean	5.7
123478-HxCDD	5.92
HxCDD mean	5.9

## 5-3-5 底質に関する定式化

## (1) 懸濁物質の沈降

懸濁物質の沈降によるフラックス、 $W_s$  は

$$\text{Sink}^j (\text{pg}/\text{m}^2/\text{day}) = S_v (\text{m}/\text{day}) E_{pat}^j (\text{pg}/\text{m}^3)$$

で計算した。ここで  $S_v$  はダイオキシンの吸着されている水域の SS の沈降速度である。 $E_{pat}^j$  は水域中の懸濁物質中ダイオキシン類の濃度をあらわす。

## (2) 底泥からの溶出

底泥からの溶出によるフラックス  $E$  は

$$\text{Release}^j (\text{pg}/\text{m}^2/\text{day}) = D (\text{m}^2/\text{day}) (F_{solution}^j (\text{pg}/\text{m}^3) - E_{diss}^j (\text{pg}/\text{m}^3)) / L (\text{m})$$

で計算した。 $D$  は水中のイオンの分子拡散係数、 $L$  は底泥の境界層の厚さを示す。

## 5-3-6 水中の分配

水中のダイオキシン類濃度の分配は収支計算で得られた総量、Total( $\text{pg}/\text{m}^3$ )から

$$\text{Total} (\text{pg}/\text{m}^3) = E_{diss}^j (\text{pg}/\text{m}^3) + E_{pat}^j (\text{pg}/\text{m}^3)$$

$$E_{pat}^j (\text{pg}/\text{m}^3) / SS (\text{g}/\text{m}^3) = E_{diss}^j (\text{pg}/\text{m}^3) K_d$$

の式を用いて溶存態と懸濁態に分離した。ここで  $E_{diss}^j$ 、 $E_{pat}^j$  はそれぞれ水中の溶存態、および懸濁態のダイオキシン類の濃度、 $SS$  は水中の SS 濃度を示す。 $K_d$  は  $K_{OC} \times OC$  で求めた。 $K_{OC}$  は

$$\log(K_{OC}) = \log(K_{OW}) - 0.21$$

(EPA report: Estimating Exposure to Dioxin-Like Compounds 4-21, original は Lyman et al. (1982), Handbook of Chemical Property Estimation Methods. New York:Mcgraw-Hill.) の関係式を用いて計算した。用いた値は表-5.8 に示した。

表-5.8(1) log Kow(octanol/water partition coefficient)

化合物名	log(Kow)			備考
	Max	Min	Used	
TeCDDs	8.84	5.91	7.38	mean
PeCDDs	9.69	6.20	7.95	mean
HxCDDs	10.55	6.85	8.70	mean
HxCDDs	11.54	8.20	8.70	estimate d
OCDD	8.60	7.46	8.70	estimate d
TeCDFs	6.73	5.60	6.17	mean
PeCDFs	6.92	6.19	6.56	mean
HxCDFs			7.00	estimate d
HxCDFs		7.92	7.92	mean
OCDF	13.35	7.05	10.20	mean

表-5.8(2) Koc(L/Kg)

化合物名	Log( $K_{OC}$ )	化合物名	log( $K_{OC}$ )
TeCDDs	7.17	TeCDFs	5.96
PeCDDs	7.74	PeCDFs	6.35
HxCDDs	8.49	HxCDFs	6.79
HxCDDs	8.49	HxCDFs	7.71
OCDD	8.49	OCDF	9.99

## 5-3-7 底質中の分配

懸濁物質の沈降、および堆積物からの溶出による収支を考慮したうえで底質中に含まれる総量と吸着平衡式を考慮して底質に吸着されている量、および間隙水中の濃度の計算を行なった。

$$\text{Total}(\text{pg}/\text{m}^3) = F_{\text{solution}}^j(\text{pg}/\text{m}^3) + F_{\text{sediment}}^j(\text{pg}/\text{g}) (1 - \dots) / \dots_s(\text{g}/\text{m}^3)$$

$$F_{\text{sediment}}^j(\text{pg}/\text{g}) = F_{\text{solution}}^j(\text{pg}/\text{m}^3) K_d$$

ただし、Total,  $F_{\text{solution}}^j$ ,  $F_{\text{sediment}}^j$  はそれぞれ底質中のダイオキシン類の総含有量、間隙水中の濃度、および底泥に吸着されている量を示す。また  $\dots$  は空隙率、 $K_d$  は底質中の分配係数とする。

## 5-4 諸定数

表-10(1) 計算条件一覧(1)

パラメータ	項目	値	単位	備考
制御 パラメータ (1)	タイムステップ	0.01	日	
	計算期間	20075	日	(55年間)
	出力間隔	365	日	(1年間)
	気象条件入力間隔	365	日	(1年間)
	排出量入力間隔	1825	日	(5年間)
発生源に 関する諸元 (2)	排出量	表-5.1 表-5.2 参照	(g/day)	5年間で90%削減
大気領域に 関する諸元 (3)	領域の面積(大気)	379,539	km <sup>2</sup>	
	領域の高さ(大気)	500	m	
	領域分割数	1	-	
	大気の密度	1,230	g/m <sup>3</sup>	
	交換係数	0.05	/day	
流域土壤に 関する諸元 (4)	流域土壤の面積	364,267	km <sup>2</sup>	
	流域土壤の厚さ	0.05	m	
水域に 関する諸元 (5)	水域の総面積	30,544 42,246 (大気と の接触)	km <sup>2</sup>	
	水域の深度	35.7	m	
	交換係数	0.005	/day	
土壤水分 (6)	飽和水分量	0.75	-	
	土壤水分量(初期値)	0.50	-	
流域土壤に 関する パラメータ (7)	土壤の密度	2.5	g/cm <sup>3</sup>	
	SS濃度	10	g/m <sup>3</sup>	
堆積層に 関する 諸元、及び パラメータ (8)	間隙率	0.80	-	
	境界層の厚さ	0.10	cm	
	堆積層の厚さ	10	cm	
	間隙水中の拡散係数	$1.0 \times 10^{-6}$	cm <sup>2</sup> /s	
	SSの沈降速度	0.01	m/day	
	堆積物の密度	2.5	g/cm <sup>3</sup>	

表-10(2) 計算条件一覧 (2)

パラメータ	項目	値	単位	備考
初期値 (大気) (9)	TeCDDs TeCDFs PeCDDs PeCDFs HxCDDs HxCDFs HpCDDs HpCDFs OCDD OCDF	0.0032 0.0057 0.0328 0.0732 0.0167 0.0695 0.00659 0.0106 0.00019 0.00009	pg/m <sup>3</sup>	
初期値 (土壤) (10)	TeCDDs TeCDFs PeCDDs PeCDFs HxCDDs HxCDFs HpCDDs HpCDFs OCDD OCDF	0.24 0.12 2.36 1.39 1.77 1.47 1.47 0.40 0.26 0.01	pg/g	
初期値 (河川) (11)	TeCDDs TeCDFs PeCDDs PeCDFs HxCDDs HxCDFs HpCDDs HpCDFs OCDD OCDF	0.0223 0.0701 0.0359 0.0767 0.0305 0.1029 0.0427 0.0309 0.0059 0.0004	pg/l	
初期値 (堆積物) (13)	TeCDDs TeCDFs PeCDDs PeCDFs HxCDDs HxCDFs HpCDDs HpCDFs OCDD OCDF	0.1549 0.1522 1.1158 1.6757 0.8291 1.4987 0.8482 0.3794 0.1160 0.0040	pg/g	

表-10(3) 計算条件一覧 (3)

パラメータ	項目	値	単位	備考
物性などに 関する諸元 (14)	分子量	322.0 (TeCDDs) 356.5 (PeCDDs) 391.0 (HxCDDs) 425.5 (HpCDDs) 460.0 (OCDD) 228.0 (TeCDFs) 212.0 (PeCDFs) 237.0 (HxCDFs) 229.0 (HpCDFs) 259.0 (OCDF)	g / mol	
	蒸気圧、融点	表-5.3, 5.4 参照		
	気相分配に関するパラメータ	$6.11 \times 10^7$ 1.14, 11.13	-	
	沈降速度(大気中)	2	m/day	
	f パラメータ	$10^4$	-	
	Hemry 定数	表-5.5 参照		
	大気中の分子拡散係数	0.47	$\text{cm}^2/\text{s}$	
	土壤 - 大気の境界層厚	1.00	m	
	巻き上げを評価するパラメータ	7.00, 1.05		
	土壤のOC=0.1は過大と思われる。	0.05		
	KOC	表-5.7 参照		
	土壤密度	$2.5 \times 10^6$	(g/m <sup>3</sup> )	
	水域のSS濃度	10	(g/m <sup>3</sup> )	
	水中の分子拡散係数	$1.0 \times 10^{-5}$	(cm <sup>2</sup> /s)	
	堆積層の境界層厚	0.001	m	
	河川、底質のOC	0.15		
	水中の分配に関するパラメータ	表-5.8 参照	m	
	底質の分配に関するパラメータ	水中より1桁 小さくした		
	分解速度定数 (土壤の値:光分解などを考慮 し、水域では1桁、大気では 2桁大きな値を用いた。 底質は土壤の1/2とした)	TCCD TeCDF 4 塩素 $2.0 \times 10^{-4}$ 5 塩素 $1.1 \times 10^{-4}$ 6 塩素 $6.3 \times 10^{-5}$ 7 塩素 $3.6 \times 10^{-5}$ 8 塩素 $2.0 \times 10^{-5}$	1/ day	

## 訂正について

本報告は、平成11年10月26日中央環境審議会大気部会資料について、以下の点を修正したものとなっております。

- ・ p.1 (参考) 4行目

「コプラナー-PCB には 14 種類の異性体があり」となっていましたが、WHO-TEF(1998)では、コプラナー-PCB からジオルトが除かれていることから、「コプラナー-PCB には 12 種類の異性体があり」と記述を変更いたしました。また、表1についてもジオルトの 2 異性体について表から削除しました。

- ・ p29 (参考資料 2) 表 5

表中の「パラメーター」のうち「土壤の有機炭素量」の「元の設定値に対する変動幅」の数値「1/2 ~ 10 倍」は、誤記でしたので、「1/2 ~ 2 倍」と記述を変更いたしました。