

今後の有害大気汚染物質対策のあり方について

( 第五次答申 )

( 大気の汚染に係るダイオキシン類の環境基準  
及び排出抑制対策のあり方 )

平成11年12月10日

中央環境審議会

中環審第169号  
平成11年12月10日

環境庁長官  
清水嘉与子殿

中央環境審議会会長  
近藤次郎

今後の有害大気汚染物質対策のあり方について（第五次答申）  
（大気の汚染に係るダイオキシン類の環境基準及び排出抑制対策のあり方）

平成7年9月20日付け諮問第24号により中央環境審議会に対し諮問のあった「今後の有害大気汚染物質対策のあり方について」のうち、大気の汚染に係るダイオキシン類の環境基準及びダイオキシン類の排出抑制対策については、大気部会にダイオキシン類環境基準専門委員会及び排出抑制専門委員会の2専門委員会を設置し、検討を行った結果、別添1の「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」及び別添2の「ダイオキシン類の排出抑制対策のあり方について（排出抑制専門委員会報告）」が中央環境審議会大気部会に報告された。

中央環境審議会大気部会においては、上記報告書を受理し、審議した結果、今後の有害大気汚染物質対策のあり方について、「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」及び「ダイオキシン類の排出抑制対策のあり方について（排出抑制専門委員会報告）」を採用することが適当であるとの結論を得た。

よって、本審議会は下記のとおり答申する。

## 記

### 1. 大気の汚染に係るダイオキシン類の環境基準について

ダイオキシン類対策特別措置法に基づき、大気の汚染に係るダイオキシン類の環境基準については、長期的に摂取される場合において、年平均値0.6pg-TEQ/m<sup>3</sup>以下とし、これを目標にダイオキシン類の大気中への排出削減対策を推進して行くことが適当である。

## 2. 大気の汚染に係るダイオキシン類の排出規制について

ダイオキシン類対策特別措置法に基づき、大気への排出に関しては、廃棄物焼却炉、製鋼用電気炉、焼結施設、亜鉛回収施設及びアルミニウム合金製造施設を特定施設に指定して、大気排出基準を別表のとおり設定し、ダイオキシン類の排出削減対策を推進していくことが適当である。

別表

特定施設の種類		新設施設の 排出基準	既設施設の排出基準	
			H13.1-H14.11	H14.12-
廃棄物 焼却炉 (施設の 燃焼能力 50kg/h以上)	4t/h以上	0.1ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	80 ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	1ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
	2t/h-4t/h	1ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>		5ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
	2t/h未満	5ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>		10ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
製鋼用電気炉		0.5ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	20 ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	5ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
焼結施設		0.1ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	2 ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	1ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
亜鉛回収施設		1ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	40 ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	10ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
アルミニウム合金製造施設		1ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	20 ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	5ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>

注1) 廃棄物焼却炉については酸素濃度12%補正、焼結施設については酸素濃度15%補正を行うこととする。

注2) 既に大気汚染防止法において新設施設の指定物質抑制基準が適用されている施設については、新設施設の排出基準を適用することとする。

注3) ダイオキシン類対策特別措置法第20条第2項に基づき、特定施設が指定された時点における既設施設については、1年間基準の適用が猶予されている。

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

平成 1 1 年 1 0 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。）及び土壌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て、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）。（注：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/kgのよう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」、「吸収量」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、「吸収量」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- $T_e$ CDD	1				
1,2,3,7,8- $P_e$ CDD	1				
1,2,3,4,7,8- $H_x$ CDD	0.1	ノン	3,4,4',5- $T_e$ CB	# 81	0.0001
1,2,3,6,7,8- $H_x$ CDD	0.1	オルト	3,3',4,4'- $T_e$ CB	# 77	0.0001
1,2,3,7,8,9- $H_x$ CDD	0.1	(Non-ortho)	3,3',4,4',5- $P_e$ CB	#126	0.1
1,2,3,4,6,7,8- $H_p$ CDD	0.01		3,3',4,4',5,5'- $H_p$ CB	#169	0.01
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD	0.0001	モノ	2',3,4,4',5- $P_e$ CB	#123	0.0001
2,3,7,8- $T_e$ CDF	0.1	オルト	2,3',4,4',5- $P_e$ CB	#118	0.0001
1,2,3,7,8- $P_e$ CDF	0.05	(Mono-ortho)	2,3,3',4,4'- $P_e$ CB	#105	0.0001
2,3,4,7,8- $P_e$ CDF	0.5		2,3,4,4',5- $P_e$ CB	#114	0.0005
1,2,3,4,7,8- $H_x$ CDF	0.1		2,3',4,4',5,5'- $H_p$ CB	#167	0.00001
1,2,3,6,7,8- $H_x$ CDF	0.1		2,3,3',4,4',5- $H_p$ CB	#156	0.0005
1,2,3,7,8,9- $H_x$ CDF	0.1		2,3,3',4,4',5'- $H_p$ CB	#157	0.0005
2,3,4,6,7,8- $H_x$ CDF	0.1		2,3,3',4,4',5,5'- $H_x$ CB	#189	0.0001
1,2,3,4,6,7,8- $H_p$ CDF	0.01				
1,2,3,4,7,8,9- $H_p$ CDF	0.01				
1,2,3,4,6,7,8,9-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。土壌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、最終的に土壌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、土壌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）、土壌（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
降下煤塵 (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
土壌	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（トータルダイエツトスタディー）（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（トータルダイエツトスタディー）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	地域数	平均値	標準偏差	範囲		
(参考)平成 9 年度調査結果	10	2.00	0.49	1.22 ~ 2.72		
	10	2.41	0.63	1.37 ~ 3.18		
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	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ツトスタディー（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種類のコプラナーPCBを含めて算出された結果であり、平成9年度調査ではコプラナー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、土壌、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ったが、土壌中の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った。また、推計総曝露量については、一日摂取量が4pg-TEQ/kg/日を上回る例があったが、環境調査と同様に断面調査である点に注意を要する。

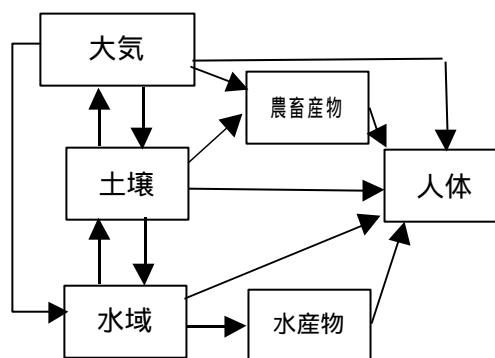
#### 2.1.3. 人への曝露経路

大気を起点とした人への曝露経路について、大気の吸入、農畜産物を經由した摂取、土壌を經由した摂取、水域を經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壌経由に大別され、根からの土壌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、土壌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、土壌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、欧州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、食品経路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、土壤中での移動、土壤中での分解、他媒体への移行が考えられる。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、土壤中で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 及びコプラナー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、土壌の直接摂取、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 経路別の一人一日あたり摂取・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
<土壌> <sup>12)</sup>					
(土壌経由摂取量)	=	(土壌中ダイオキシン類濃度)	×	(一日あたり土壌摂取量)	÷ (体重)
pg-TEQ/kg/日		pg-TEQ/g		g/日	kg
(土壌経由皮膚曝露量)	=	(土壌中ダイオキシン類濃度)	×	(面積あたり土壌接触量)	×
				(皮膚面積)	÷ (体重) × (土壌接触頻度)
pg-TEQ/kg/日		pg-TEQ/g		mg/cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup> kg /日
(総摂取量)	=	$\frac{(\text{子供の一日あたりの曝露量}) \times 6 + (\text{大人の一日あたりの曝露量}) \times (\text{曝露期間} - 6)}{70 (\text{年}) \times 50 (\text{kg})}$			

土壌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	参考文献
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)
一日あたり土壌摂取量 (大人)	g/日	0.1	12)
〃 (子供)	g/日	0.2	12)
面積あたり土壌接触量 (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)
土壌接触頻度 (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、土壌、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、土壌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。そうした条件の差

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%、土壌では、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. 大気経路割合に関する検討

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路による吸収量の割合(大気経路割合)を算出し、大気経路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路割合は、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に見ると、

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路割合は、おおよそ 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路の吸収量は、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必要がある。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、これをもとに、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、総吸収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  $0.6\text{pg-TEQ}/\text{m}^3$  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(現状の想定総吸収量  $2.71\text{pg-TEQ}/\text{kg}/\text{日}$ )については、TDI  $4\text{pg-TEQ}/\text{kg}/\text{日}$  に対応する吸収量である  $2\text{pg-TEQ}/\text{kg}/\text{日}$  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。

## 3.3. 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  $0.1\text{pg-TEQ}/\text{m}^3$  程度、ドイツで  $0.07 \sim 0.35 \text{pg-TEQ}/\text{m}^3$  程度、オランダでは概ね  $0.1 \text{pg-TEQ}/\text{m}^3$  以下の範囲に、英国では、概ね  $1.8 \text{pg-TEQ}/\text{m}^3$  以下(平均  $0.17 \text{pg-TEQ}/\text{m}^3$ ) 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、食品からの曝露量は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と2~10%弱程度になると考えられる。TDI  $4\text{pg-TEQ}/\text{kg}/\text{日}$  に対応する吸収量 ( $2\text{pg-TEQ}/\text{kg}/\text{日}$ ) にこの割合を乗じると  $0.04 \sim 0.20\text{pg-TEQ}/\text{kg}/\text{日}$  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こと、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  $100\text{pg-TEQ}/\text{日} \sim 300\text{pg-TEQ}/\text{日}$  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/日に乗じると、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、現状の知見に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、さらに客観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もので、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、土壌、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はないように努めるものとするのが適当である。

### 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に考慮す

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 1 0 年度実施 ，1999 年 9 月
- 4 ) 環境庁：平成 1 0 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 1 0 年度 食品からのダイオキシンの一日摂取量調査 ( トータルダイエツスタディ ) について，1999 年 9 月
- 6 ) 環境庁：平成 1 0 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-plant 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
- 1 0 ) 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
- 1 1 ) 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
- 1 2 ) 環境庁：土壌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
- 1 3 ) 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
- 1 4 ) 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
- 1 5 ) Liem A.K.D. and Zorge J.A. (1995): *Environ. Sci. & Pollut. Res.* 2(1): 46-56
- 1 6 ) Liem A.K.D. et al. (eds) (1993): *Integrated Criteria Document Dioxins.* (1993.12)
- 1 7 ) Liem A.K.D. and Theelen R.M.C. (1997): *Dioxins: Chemical Analysis, Exposure and Risk Assessment*
- 1 8 ) EPA(1994): *Reassessment of dioxin – External review drafts, Executive summary:* pp.46
- 1 9 ) Gilman A. et al. (1991): An updated assessment of the exposure of Canadians to dioxins and furans. *Chemosphere* 23: 1661-1667
- 2 0 ) Fürst P. et al. (1992): Assessment of human intake of PCDDs and PCDFs from different environmental sources. *Toxic Substance J.* 12: 133-150
- 2 1 ) Beck H. et al. (1992): PCDDs, PCDFs, and related contaminants in the German food supply. *Chemosphere*, 25(7-10): 1539-1550
- 2 2 ) Birmingham B. et al. (1989): DIETARY INTAKE OF PCDD AND PCDF FROM FOOD IN ONTARIO, CANADA. *Chemosphere* 19(1-6): 507-512
- 2 3 ) di Domenico A. (1990): Guidelines for the definition of environmental action alert thresholds for polychlorodibenzodioxins and polychlorodibenzofurans. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 11: 8-23
- 2 4 ) Schumacher M. et al.(1997): Dietary intake of PCDD/Fs from Food in Catalonia, Spain. *Organohalogen Compounds* 33: 431-435
- 2 5 ) Früst P. et al (1997): Decline of human PCDD/F intake via food between 1989 and 1996. *Organohalogen Compounds* 33: 116-121
- 2 6 ) 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 継美	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 堯嗣	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 巖雄	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	コプラナーPCB	曝露量または曝露濃度
食品 pg-TEQ/ka/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/m3	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

コプラナーPCB/(PCDD+PCDF)=0.05と仮定

コプラナーPCB/(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ツ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ツ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/m3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			コプラナーPCB			PCDD+PCDF + コプラナー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	95	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	95.2	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	95.2	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	95.2	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	95.2	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	95.2	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	4.8	2.00	0.23	100
	基本ケースA	基本ケース	ケース2	0.83	0.22	95.2	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	95.2	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
環境・食品からの摂取に偏りのある類型群	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	95.2	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	95.2	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	95.2	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	95.2	2.67	0.08	48	4.00	1.60	1000
	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	95.2	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	95.2	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)			コプラナーPCB (pg-TEQ/kg/日)			PCDD+PCDF + コプラナーPCB (pg-TEQ/kg/日)			総吸収量 (pg-TEQ/ka/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 + コプラナーPCB	PCDD +PCDF	コプラ ナー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	0.056	0.006	0.580	0.003	0.0003	1.000	0.059	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	0.460	0.056	0.006	0.900	0.003	0.0003	1.360	0.059	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	0.194	0.032	0.580	0.010	0.002	1.000	0.204	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	0.388	0.032	0.580	0.020	0.002	1.000	0.408	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	0.194	0.289	0.580	0.010	0.015	1.000	0.204	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	0.388	0.289	0.580	0.020	0.015	1.000	0.408	0.304	1.71	23.8%	35.5%	3.3%
	基本ケースB	ケース1	ケース1	0.460	0.194	0.032	0.900	0.010	0.002	1.360	0.204	0.033	1.60	12.8%	28.3%	1.1%
	基本ケースB	ケース2	ケース1	0.460	0.388	0.032	0.900	0.020	0.002	1.360	0.408	0.033	1.80	22.7%	44.1%	2.2%
	基本ケースB	ケース1	ケース2	0.460	0.194	0.289	0.900	0.010	0.015	1.360	0.204	0.304	1.87	10.9%	20.6%	1.1%
	基本ケースB	ケース2	ケース2	0.460	0.388	0.289	0.900	0.020	0.015	1.360	0.408	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	0.056	0.032	0.580	0.003	0.002	1.000	0.059	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	0.056	0.289	0.580	0.003	0.015	1.000	0.059	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	0.460	0.056	0.032	0.900	0.003	0.002	1.360	0.059	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	0.460	0.056	0.289	0.900	0.003	0.015	1.360	0.059	0.304	1.72	3.4%	7.0%	0.3%
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	0.540	0.056	0.006	0.810	0.003	0.0003	1.350	0.059	0.006	1.41	4.1%	9.3%	0.3%
	ケース2	基本ケース	基本ケース	0.665	0.056	0.006	1.335	0.003	0.0003	2.000	0.059	0.006	2.06	2.8%	7.7%	0.2%
環境・食品からの摂取に 偏りのある類型群	ケース1	ケース1	ケース1	0.540	0.194	0.032	0.810	0.010	0.002	1.350	0.204	0.033	1.59	12.9%	25.3%	1.2%
	ケース1	ケース2	ケース1	0.540	0.388	0.032	0.810	0.020	0.002	1.350	0.408	0.033	1.79	22.8%	40.4%	2.5%
	ケース1	ケース1	ケース2	0.540	0.194	0.289	0.810	0.010	0.015	1.350	0.204	0.304	1.86	11.0%	18.9%	1.2%
	ケース1	ケース2	ケース2	0.540	0.388	0.289	0.810	0.020	0.015	1.350	0.408	0.304	2.06	19.8%	31.9%	2.4%
	ケース2	ケース1	ケース1	0.665	0.194	0.032	1.335	0.010	0.002	2.000	0.204	0.033	2.24	9.1%	21.8%	0.8%
	ケース2	ケース2	ケース1	0.665	0.388	0.032	1.335	0.020	0.002	2.000	0.408	0.033	2.44	16.7%	35.7%	1.5%
	ケース2	ケース1	ケース2	0.665	0.194	0.289	1.335	0.010	0.015	2.000	0.204	0.304	2.51	8.1%	16.9%	0.7%
	ケース2	ケース2	ケース2	0.665	0.388	0.289	1.335	0.020	0.015	2.000	0.408	0.304	2.71	15.0%	28.9%	1.5%
	ケース1	基本ケース	ケース1	0.540	0.056	0.032	0.810	0.003	0.002	1.350	0.059	0.033	1.44	4.1%	8.9%	0.3%
	ケース1	基本ケース	ケース2	0.540	0.056	0.289	0.810	0.003	0.015	1.350	0.059	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	0.056	0.032	1.335	0.003	0.002	2.000	0.059	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	0.056	0.289	1.335	0.003	0.015	2.000	0.059	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収量の変化（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、これらに対数正規分布すると仮定し、その 95% タイル値（ $1.36\text{pg-TEQ/m}^3$ ）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 ( $\text{pg-TEQ/m}^3$ )	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収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（ $0.23\text{pg-TEQ/m}^3$ ）、ケース 1（ $0.8\text{pg-TEQ/m}^3$ ）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、土壌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  $1\text{pg-TEQ/l}$  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わるデフォルト値（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
土壌濃度	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  $0.8\text{pg-TEQ/m}^3$  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 及び土壌ケース 2 を共に含む 2 類型(現状の想定総吸収量  $2.71\text{pg-TEQ/kg/日}$ ) においては、 $2\text{pg-TEQ/kg/日}$  を越えていたが、他の類型については  $2\text{pg-TEQ/kg/日}$  を下回った。大気環境濃度がおおむね  $0.6\text{pg-TEQ/m}^3$  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、 $\text{TDI}4\text{pg-TEQ/kg/日}$  に相当する吸収量である  $2\text{pg-TEQ/kg/日}$  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、 $1.06 \sim 1.42\text{pg-TEQ/kg/日}$  から、 $0.81 \sim 1.10\text{pg-TEQ/kg/日}$  に低下すると試算された。

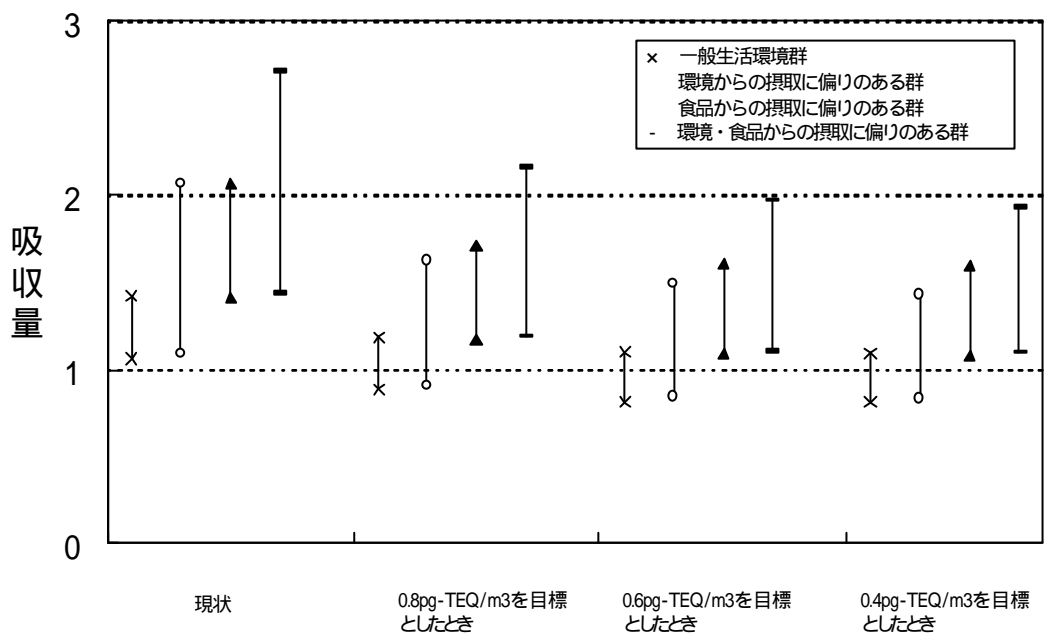
### 3. まとめ

上記試算の条件を踏まえ、大気環境の目標濃度を  $0.6\text{pg-TEQ/m}^3$  以下とした場合、大気環境濃度が平均的に約 55% 減少し、土壌については、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  $4\text{pg-TEQ/kg/日}$  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 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)		
		0.8pg-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、粒子にしるガスにしる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)

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

以上より、欧米諸国の考え方に準じれば、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. 土壌の吸収率の考え方

環境庁の報告書「土壌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、土壌からの吸収率（土壌の摂食、皮膚接触）について以下のような検討を行った。

すなわち、土壌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。土壌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壌中のダイオキシン類の吸収率は 30%とし（一部、汚染土壌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、...汚染された土壌からの吸収は、土壌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、土壌中のダイオキシン類の生物学的利用率は、土壌の性質や土壌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。我が国の土壌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、土壌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、人の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%、汚染された土壌からの吸収は土壌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; 参考文献 &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) Diliberto J.J. et al. (1996): Comparison of 2,3,7,8-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：土壌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立って行った。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、さらに人への曝露に関する試算を行うためには、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。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必要がある。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、土壌、水、底質の4媒体からなる非定常の多媒体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体運命予測モデル (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)) 等もあわせて参照し、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。

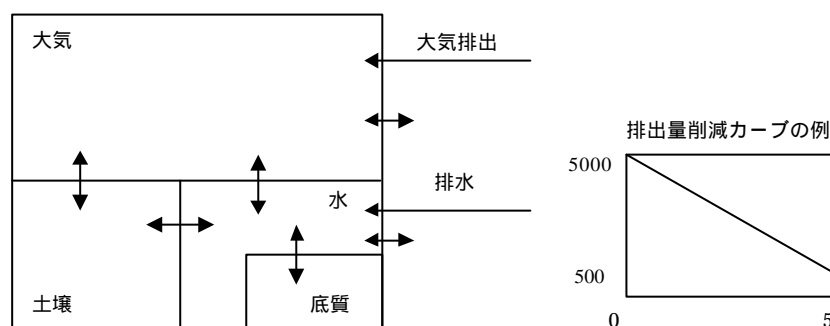


図1 環境挙動モデルの概念図

### 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、大気と土壌区画・水区画との間では、湿性・乾性沈着、大気-土壌および大気-水間の拡散輸送、土壌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 土壌区画関連の主要なプロセス

土壌区画内では、土壌粒子中濃度、間隙水・間隙空气中濃度を考慮し、土壌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・巻き上げ等による輸送を想定した。一方、水区画に対して土壌間隙水の流出、土壌粒子の流出、また、土壌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、土壌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 1,2,3,6,7,8-HxCDD 1,2,3,7,8,9-HxCDD	H <sub>x</sub> CDDs
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 2,3,4,7,8-PeCDF	P <sub>e</sub> CDFs
8	1,2,3,4,7,8-HxCDF 1,2,3,6,7,8-HxCDF 1,2,3,7,8,9-HxCDF 2,3,4,6,7,8-HxCDF	H <sub>x</sub> CDFs
9	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	H <sub>p</sub> CDFs
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	HpCDD/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)	土壌	$2.0 \times 10^{-4}$	$1.1 \times 10^{-4}$	$6.3 \times 10^{-5}$	$3.6 \times 10^{-5}$	$2.0 \times 10^{-5}$
	底質	$1.0 \times 10^{-4}$	$5.5 \times 10^{-5}$	$3.2 \times 10^{-5}$	$1.8 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-5}$
	大気	$2.0 \times 10^{-2}$	$1.1 \times 10^{-2}$	$6.3 \times 10^{-3}$	$3.6 \times 10^{-3}$	$2.0 \times 10^{-3}$
	水	$2.0 \times 10^{-3}$	$1.1 \times 10^{-3}$	$6.3 \times 10^{-4}$	$3.6 \times 10^{-4}$	$2.0 \times 10^{-4}$
大気粒子の沈降速度	2 m/h					
有機炭素量	土壌	5 %				
	懸濁物質	15 %				
	底質	7.5 %				
土壌層の厚さ	5 cm					
底質層の厚さ	10 cm					
懸濁物質の沈降速度	0.01 m/d					
水域の懸濁物質濃度	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



一(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った。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 焼却発生源からの排出量 (g TEQ / yr)

TeCDDs	PeCDDs	HxCDDs	HpCDDs	OCDDs
74	750	384	151	4
TeCDFs	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
TeCDFs	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、特に水区域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。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ていると考えられる。感度解析を行ったパラメーターの一覧を表5に示す。

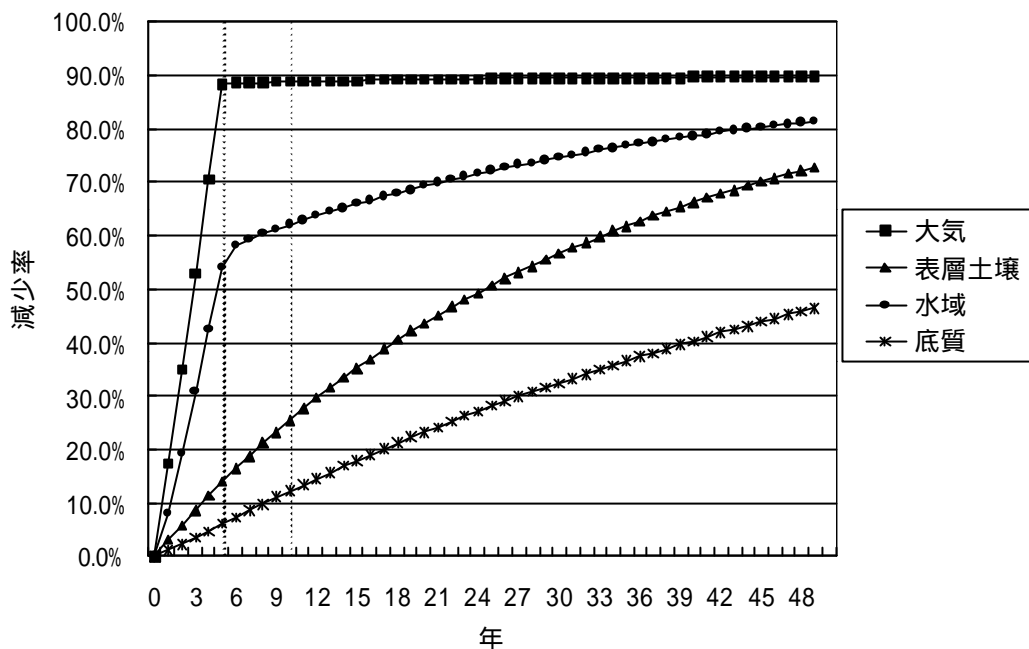


図2 環境媒体中のPCDD+PCDF減少率曲線

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
大気粒子の沈降速度	1/2 ~ 2 倍
洗浄係数	1/10 ~ 10 倍
土壌の有機炭素量	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。土壌・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	-
土壌濃度	0.2	0.22~0.49
水質濃度	0.6	0.67~0.75

### 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、これらに対数正規分布すると仮定し、その 95% タイル値 ( $1.36\text{pg-TEQ}/\text{m}^3$ ) 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 ( $\text{pg-TEQ}/\text{m}^3$ )	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 ( $0.23\text{pg-TEQ}/\text{m}^3$ )、ケース 1 ( $0.8\text{pg-TEQ}/\text{m}^3$ ) 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、土壌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  $1\text{pg-TEQ}/\text{l}$  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  $2.00\text{pg-TEQ}/\text{kg}/\text{日}$  のうちの  $1.41\text{pg-TEQ}/\text{kg}/\text{日}$  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 $\times 2/3$  が概ね水の減少率 0.6 に従うとし、7 割 $\times 2/3 \times 0.6$ 、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 $\times 0.5$  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、 $0.28/0.6+0.15/0.6 \times 2/3$  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 及び土壌ケース 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、土壌については、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-TEQ/m3 )

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)			コプラナーPCB (pg-TEQ/kg/日)			PCDD+PCDF + コプラナー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 + コプラナーPCB	PCDD +PCDF	コプラ ナーPCB
一般生活類型群	基本ケースA 基本ケース 基本ケース			0.347	0.033	0.006	0.485	0.002	0.0003	0.836	0.035	0.006	0.88	3.9%	8.6%	0.3%
	基本ケースB 基本ケース 基本ケース			0.385	0.033	0.006	0.752	0.002	0.0003	1.137	0.035	0.006	1.18	2.9%	7.8%	0.2%
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			0.347	0.114	0.029	0.485	0.006	0.002	0.836	0.120	0.030	0.99	12.2%	23.3%	1.2%
	基本ケースA ケース2 ケース1			0.347	0.194	0.029	0.485	0.010	0.002	0.836	0.204	0.030	1.07	19.1%	34.0%	2.0%
	基本ケースA ケース1 ケース2			0.347	0.114	0.265	0.485	0.006	0.014	0.836	0.120	0.279	1.24	9.7%	15.7%	1.2%
	基本ケースA ケース2 ケース2			0.347	0.194	0.265	0.485	0.010	0.014	0.836	0.204	0.279	1.32	15.5%	24.1%	1.9%
	基本ケースB ケース1 ケース1			0.385	0.114	0.029	0.752	0.006	0.002	1.137	0.120	0.030	1.29	9.3%	21.6%	0.8%
	基本ケースB ケース2 ケース1			0.385	0.194	0.029	0.752	0.010	0.002	1.137	0.204	0.030	1.37	14.9%	31.9%	1.3%
	基本ケースB ケース1 ケース2			0.385	0.114	0.265	0.752	0.006	0.014	1.137	0.120	0.279	1.54	7.8%	15.0%	0.8%
	基本ケースB ケース2 ケース2			0.385	0.194	0.265	0.752	0.010	0.014	1.137	0.204	0.279	1.62	12.6%	23.0%	1.3%
	基本ケースA 基本ケース ケース1			0.347	0.033	0.029	0.485	0.002	0.002	0.836	0.035	0.030	0.90	3.8%	8.1%	0.3%
	基本ケースA 基本ケース ケース2			0.347	0.033	0.265	0.485	0.002	0.014	0.836	0.035	0.279	1.15	3.0%	5.1%	0.3%
食品からの摂取に 偏りのある類型群	基本ケースB 基本ケース ケース1			0.385	0.033	0.029	0.752	0.002	0.002	1.137	0.035	0.030	1.20	2.9%	7.4%	0.2%
	基本ケースB 基本ケース ケース2			0.385	0.033	0.265	0.752	0.002	0.014	1.137	0.035	0.279	1.45	2.4%	4.8%	0.2%
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 基本ケース			0.451	0.033	0.006	0.677	0.002	0.0003	1.129	0.035	0.006	1.17	3.0%	6.8%	0.2%
	ケース2 基本ケース 基本ケース			0.556	0.033	0.006	1.116	0.002	0.0003	1.672	0.035	0.006	1.71	2.0%	5.6%	0.1%
	ケース1 ケース1 ケース1			0.451	0.114	0.029	0.677	0.006	0.002	1.129	0.120	0.030	1.28	9.4%	19.2%	0.9%
	ケース1 ケース2 ケース1			0.451	0.194	0.029	0.677	0.010	0.002	1.129	0.204	0.030	1.36	15.0%	28.8%	1.4%
	ケース1 ケース1 ケース2			0.451	0.114	0.265	0.677	0.006	0.014	1.129	0.120	0.279	1.53	7.9%	13.8%	0.9%
	ケース1 ケース2 ケース2			0.451	0.194	0.265	0.677	0.010	0.014	1.129	0.204	0.279	1.61	12.7%	21.3%	1.4%
	ケース2 ケース1 ケース1			0.556	0.114	0.029	1.116	0.006	0.002	1.672	0.120	0.030	1.82	6.6%	16.3%	0.5%
	ケース2 ケース2 ケース1			0.556	0.194	0.029	1.116	0.010	0.002	1.672	0.204	0.030	1.91	10.7%	24.9%	0.9%
	ケース2 ケース1 ケース2			0.556	0.114	0.265	1.116	0.006	0.014	1.672	0.120	0.279	2.07	5.8%	12.2%	0.5%
	ケース2 ケース2 ケース2			0.556	0.194	0.265	1.116	0.010	0.014	1.672	0.204	0.279	2.16	9.5%	19.1%	0.9%
	ケース1 基本ケース ケース1			0.451	0.033	0.029	0.677	0.002	0.002	1.129	0.035	0.030	1.19	2.9%	6.4%	0.2%
	ケース1 基本ケース ケース2			0.451	0.033	0.265	0.677	0.002	0.014	1.129	0.035	0.279	1.44	2.4%	4.4%	0.2%
	ケース2 基本ケース ケース1			0.556	0.033	0.029	1.116	0.002	0.002	1.672	0.035	0.030	1.74	2.0%	5.4%	0.1%
	ケース2 基本ケース ケース2			0.556	0.033	0.265	1.116	0.002	0.014	1.672	0.035	0.279	1.99	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-TEQ/m3 )

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)			コプラナーPCB (pg-TEQ/kg/日)			PCDD+PCDF + コプラナー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 + コプラナーPCB	PCDD +PCDF	コプラ ナーPCB
一般生活類型群	基本ケースA	基本ケース	基本ケース	0.325	0.025	0.005	0.454	0.001	0.0003	0.783	0.026	0.006	0.81	3.2%	7.1%	0.3%
	基本ケースB	基本ケース	基本ケース	0.360	0.025	0.005	0.705	0.001	0.0003	1.065	0.026	0.006	1.10	2.4%	6.5%	0.2%
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	0.325	0.087	0.028	0.454	0.005	0.002	0.783	0.092	0.029	0.90	10.2%	19.8%	1.0%
	基本ケースA	ケース2	ケース1	0.325	0.146	0.028	0.454	0.007	0.002	0.783	0.153	0.029	0.97	15.8%	29.2%	1.6%
	基本ケースA	ケース1	ケース2	0.325	0.087	0.257	0.454	0.005	0.013	0.783	0.092	0.271	1.15	8.0%	13.0%	1.0%
	基本ケースA	ケース2	ケース2	0.325	0.146	0.257	0.454	0.007	0.013	0.783	0.153	0.271	1.21	12.7%	20.0%	1.5%
	基本ケースB	ケース1	ケース1	0.360	0.087	0.028	0.705	0.005	0.002	1.065	0.092	0.029	1.19	7.7%	18.3%	0.6%
	基本ケースB	ケース2	ケース1	0.360	0.146	0.028	0.705	0.007	0.002	1.065	0.153	0.029	1.25	12.3%	27.3%	1.0%
	基本ケースB	ケース1	ケース2	0.360	0.087	0.257	0.705	0.005	0.013	1.065	0.092	0.271	1.43	6.4%	12.4%	0.6%
	基本ケースB	ケース2	ケース2	0.360	0.146	0.257	0.705	0.007	0.013	1.065	0.153	0.271	1.49	10.3%	19.1%	1.0%
	基本ケースA	基本ケース	ケース1	0.325	0.025	0.028	0.454	0.001	0.002	0.783	0.026	0.029	0.84	3.1%	6.7%	0.3%
	基本ケースA	基本ケース	ケース2	0.325	0.025	0.257	0.454	0.001	0.013	0.783	0.026	0.271	1.08	2.4%	4.2%	0.2%
	基本ケースB	基本ケース	ケース1	0.360	0.025	0.028	0.705	0.001	0.002	1.065	0.026	0.029	1.12	2.4%	6.1%	0.2%
	基本ケースB	基本ケース	ケース2	0.360	0.025	0.257	0.705	0.001	0.013	1.065	0.026	0.271	1.36	1.9%	3.9%	0.2%
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	0.423	0.025	0.005	0.634	0.001	0.0003	1.057	0.026	0.006	1.09	2.4%	5.6%	0.2%
	ケース2	基本ケース	基本ケース	0.521	0.025	0.005	1.045	0.001	0.0003	1.566	0.026	0.006	1.60	1.7%	4.6%	0.1%
環境・食品からの摂取に 偏りのある類型群	ケース1	ケース1	ケース1	0.423	0.087	0.028	0.634	0.005	0.002	1.057	0.092	0.029	1.18	7.8%	16.2%	0.7%
	ケース1	ケース2	ケース1	0.423	0.146	0.028	0.634	0.007	0.002	1.057	0.153	0.029	1.24	12.3%	24.4%	1.1%
	ケース1	ケース1	ケース2	0.423	0.087	0.257	0.634	0.005	0.013	1.057	0.092	0.271	1.42	6.5%	11.4%	0.7%
	ケース1	ケース2	ケース2	0.423	0.146	0.257	0.634	0.007	0.013	1.057	0.153	0.271	1.48	10.3%	17.6%	1.1%
	ケース2	ケース1	ケース1	0.521	0.087	0.028	1.045	0.005	0.002	1.566	0.092	0.029	1.69	5.4%	13.7%	0.4%
	ケース2	ケース2	ケース1	0.521	0.146	0.028	1.045	0.007	0.002	1.566	0.153	0.029	1.75	8.8%	21.0%	0.7%
	ケース2	ケース1	ケース2	0.521	0.087	0.257	1.045	0.005	0.013	1.566	0.092	0.271	1.93	4.8%	10.1%	0.4%
	ケース2	ケース2	ケース2	0.521	0.146	0.257	1.045	0.007	0.013	1.566	0.153	0.271	1.99	7.7%	15.8%	0.7%
	ケース1	基本ケース	ケース1	0.423	0.025	0.028	0.634	0.001	0.002	1.057	0.026	0.029	1.11	2.4%	5.3%	0.2%
	ケース1	基本ケース	ケース2	0.423	0.025	0.257	0.634	0.001	0.013	1.057	0.026	0.271	1.35	1.9%	3.6%	0.2%
	ケース2	基本ケース	ケース1	0.521	0.025	0.028	1.045	0.001	0.002	1.566	0.026	0.029	1.62	1.6%	4.4%	0.1%
	ケース2	基本ケース	ケース2	0.521	0.025	0.257	1.045	0.001	0.013	1.566	0.026	0.271	1.86	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-TEQ/m3 )

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)			コプラナーPCB (pg-TEQ/kg/日)			PCDD+PCDF + コプラナー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 + コプラナーPCB	PCDD +PCDF	コプラ ナーPCB
				一般生活類型群	基本ケースA	基本ケース	基本ケース	0.325	0.017	0.005	0.454	0.001		0.0003	0.783	0.018
	基本ケースB	基本ケース	基本ケース	0.360	0.017	0.005	0.705	0.001	0.0003	1.065	0.018	0.005	1.09	1.6%	4.4%	0.1%
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	0.325	0.058	0.028	0.454	0.003	0.002	0.783	0.061	0.028	0.87	7.0%	14.2%	0.7%
	基本ケースA	ケース 2	ケース 1	0.325	0.097	0.028	0.454	0.005	0.002	0.783	0.102	0.028	0.91	11.2%	21.6%	1.1%
	基本ケースA	ケース 1	ケース 2	0.325	0.058	0.249	0.454	0.003	0.013	0.783	0.061	0.261	1.11	5.5%	9.2%	0.7%
	基本ケースA	ケース 2	ケース 2	0.325	0.097	0.249	0.454	0.005	0.013	0.783	0.102	0.261	1.15	8.9%	14.5%	1.0%
	基本ケースB	ケース 1	ケース 1	0.360	0.058	0.028	0.705	0.003	0.002	1.065	0.061	0.028	1.15	5.3%	13.0%	0.4%
	基本ケースB	ケース 2	ケース 1	0.360	0.097	0.028	0.705	0.005	0.002	1.065	0.102	0.028	1.20	8.5%	20.0%	0.7%
	基本ケースB	ケース 1	ケース 2	0.360	0.058	0.249	0.705	0.003	0.013	1.065	0.061	0.261	1.39	4.4%	8.7%	0.4%
	基本ケースB	ケース 2	ケース 2	0.360	0.097	0.249	0.705	0.005	0.013	1.065	0.102	0.261	1.43	7.1%	13.8%	0.7%
	基本ケースA	基本ケース	ケース 1	0.325	0.017	0.028	0.454	0.001	0.002	0.783	0.018	0.028	0.83	2.1%	4.6%	0.2%
	基本ケースA	基本ケース	ケース 2	0.325	0.017	0.249	0.454	0.001	0.013	0.783	0.018	0.261	1.06	1.7%	2.9%	0.2%
	基本ケースB	基本ケース	ケース 1	0.360	0.017	0.028	0.705	0.001	0.002	1.065	0.018	0.028	1.11	1.6%	4.2%	0.1%
	基本ケースB	基本ケース	ケース 2	0.360	0.017	0.249	0.705	0.001	0.013	1.065	0.018	0.261	1.34	1.3%	2.7%	0.1%
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	0.423	0.017	0.005	0.634	0.001	0.0003	1.057	0.018	0.005	1.08	1.6%	3.8%	0.1%
	ケース 2	基本ケース	基本ケース	0.521	0.017	0.005	1.045	0.001	0.0003	1.566	0.018	0.005	1.59	1.1%	3.1%	0.1%
環境・食品からの摂取に 偏りのある類型群	ケース 1	ケース 1	ケース 1	0.423	0.058	0.028	0.634	0.003	0.002	1.057	0.061	0.028	1.15	5.3%	11.4%	0.5%
	ケース 1	ケース 2	ケース 1	0.423	0.097	0.028	0.634	0.005	0.002	1.057	0.102	0.028	1.19	8.6%	17.7%	0.8%
	ケース 1	ケース 1	ケース 2	0.423	0.058	0.249	0.634	0.003	0.013	1.057	0.061	0.261	1.38	4.4%	8.0%	0.5%
	ケース 1	ケース 2	ケース 2	0.423	0.097	0.249	0.634	0.005	0.013	1.057	0.102	0.261	1.42	7.2%	12.6%	0.7%
	ケース 2	ケース 1	ケース 1	0.521	0.058	0.028	1.045	0.003	0.002	1.566	0.061	0.028	1.66	3.7%	9.6%	0.3%
	ケース 2	ケース 2	ケース 1	0.521	0.097	0.028	1.045	0.005	0.002	1.566	0.102	0.028	1.70	6.0%	15.1%	0.5%
	ケース 2	ケース 1	ケース 2	0.521	0.058	0.249	1.045	0.003	0.013	1.566	0.061	0.261	1.89	3.2%	7.0%	0.3%
	ケース 2	ケース 2	ケース 2	0.521	0.097	0.249	1.045	0.005	0.013	1.566	0.102	0.261	1.93	5.3%	11.2%	0.5%
	ケース 1	基本ケース	ケース 1	0.423	0.017	0.028	0.634	0.001	0.002	1.057	0.018	0.028	1.10	1.6%	3.6%	0.1%
	ケース 1	基本ケース	ケース 2	0.423	0.017	0.249	0.634	0.001	0.013	1.057	0.018	0.261	1.34	1.3%	2.4%	0.1%
	ケース 2	基本ケース	ケース 1	0.521	0.017	0.028	1.045	0.001	0.002	1.566	0.018	0.028	1.61	1.1%	3.0%	0.1%
	ケース 2	基本ケース	ケース 2	0.521	0.017	0.249	1.045	0.001	0.013	1.566	0.018	0.261	1.85	1.0%	2.1%	0.1%



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. Technol.*, 22-4 : 361-367

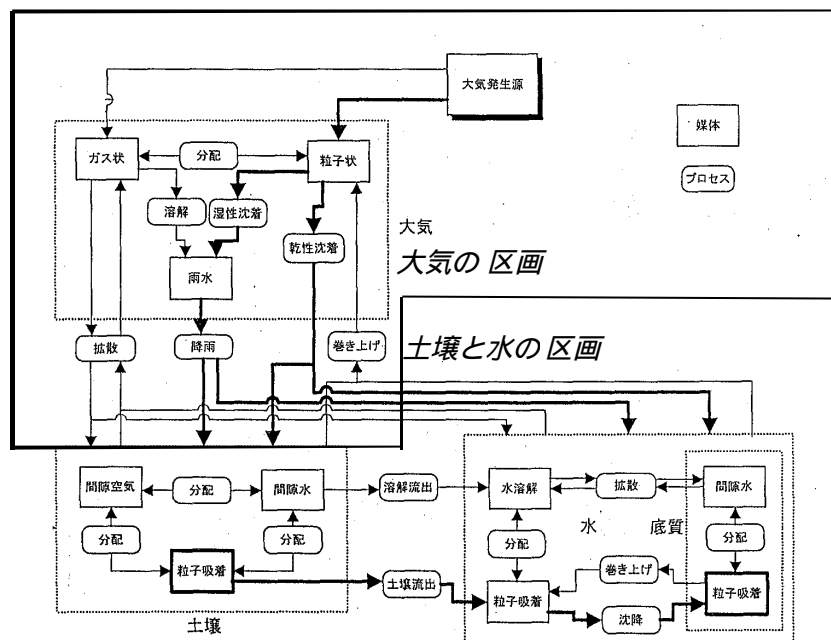
Lyman et al.(1982): Handbook of Chemical Property Estimation Methods. New York:Mcgraw-Hill.

Gillete D.A.(1981): Production of dust that may be carried great 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 挙動モデルの概要

挙動モデル作成については、以下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) 大気区画の基礎方程式

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

- $C_{pat}^j$  : 大気中の濃度：粒子相 (pg/m<sup>3</sup>)
- $C_{air}^j$  : 大気中の濃度：気相 (pg/m<sup>3</sup>)
- $Vol^{air}$  : 大気区画の体積 (m<sup>3</sup>)
- $Sur^{air}$  : 大気区画の面積 (m<sup>2</sup>)
- $Sur^{drain}$  : 土壌区画の面積 (m<sup>2</sup>)
- $WD^j$  : 湿性沈着による降下量 : pg /m<sup>2</sup> /day (5.3.2(1) 参照)
- $DD^j$  : 乾性沈着による降下量 : pg /m<sup>2</sup> /day (5.3.2(2) 参照)
- $Dif^j$  : 大気と土壌の気相との交換 : pg /m<sup>2</sup> /day (5.3.2(3) 参照)
- $Difw^j$  : 大気と水域との交換 : pg /m<sup>2</sup> /day
- $Res^j$  : 土壌からの巻き上げ : pg /m<sup>2</sup> /day
- $Emi^j$  : 焼却発生源からの排出量 : pg/day
- $Ex$  : 大気区画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 (pg/m<sup>3</sup>)
- $C_{airbg}^j$  : 大気中の蒸気相濃度のバックグラウンド (pg/m<sup>3</sup>)
- $V_{dec}^j$  : 分解速度定数 (/day)

(2) 土壌区画の基礎方程式

$$d/dt ( wv D_{solution}^j + (1-ws) D_{soil}^j + (ws - wv) D_{air}^j ) Vol^{drain} = (WD^j + DD^j) Sur^{drain} - (Dif^j + Res^j) Sur^{drain} - Q^{out} D_{solution}^j - Q^{ssout} D_{soil}^j - V_{DEC}^j ( wv D_{solution}^j + (1-ws) D_{soil}^j + (ws - wv) D_{air}^j )$$

- wv : 土壌中の水分の占める割合(5.5 参照)
- ws : 土壌の空隙率
- Vol<sup>soil</sup> : 土壌区画の容積(m<sup>3</sup>)
- : 土壌密度(g/m<sup>3</sup>)
- D<sup>solution</sup><sub>j</sub> : 土壌水中の濃度(pg/m<sup>3</sup>)
- D<sup>soil</sup><sub>j</sub> : 土壌粒子中の濃度(pg/g)
- D<sup>air</sup><sub>j</sub> : 土壌気相の濃度 (pg/m<sup>3</sup>)
- Q<sup>out</sup> : 土壌から水域に流出する水量 (m<sup>3</sup>/day) (5.3.3 参照)
- Q<sup>ssout</sup> : 土壌から水域に流出する土砂量 (g/day)

(3) 水域区画の基礎方程式

$$d/dt ( E_{diss}^j + E_{pat}^j ) Vol^{water} = Emi(r)^j + (WD^j + DD^j - Difw^j) Sur^{airwater} + (Q^{out} D_{solution}^j + Q^{ssout} D_{soil}^j) - Q^{riverout} (E_{diss}^j + E_{pat}^j) - (Sink^j - Release^j) Sur^{water} - V_{DEC}^j ( E_{diss}^j + E_{pat}^j ) Vol^{water} + Ex_{wat} (E_{dissbg}^j + E_{patbg}^j - E_{diss}^j - E_{pat}^j) Vol^{water}$$

- E<sup>diss</sup><sub>j</sub> : 水中濃度：溶存態 (pg/m<sup>3</sup>)
- E<sup>pat</sup><sub>j</sub> : 水中濃度：懸濁態 (pg/m<sup>3</sup>)
- Vol<sup>water</sup> : 水域部分の体積 (m<sup>3</sup>)
- Emi(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> : 水域部分と大気との接触面積 (被覆部分の流域を含む) (m<sup>2</sup>)
- Sink<sup>j</sup> : 懸濁物質の沈降による水域からの除去速度 (pg/m<sup>2</sup>/day) (5.3.5 参照)
- Release<sup>j</sup> : 底質からの溶出速度 (pg/m<sup>2</sup>/day) (5.3.5 参照)
- Ex<sub>wat</sub> : 海水の外洋との交換係数 (/day)
- E<sup>dissbg</sup><sub>j</sub> : 海水のバックグラウンドの濃度 (溶存態) (pg/m<sup>3</sup>)
- E<sup>patbg</sup><sub>j</sub> : 海水のバックグラウンドの濃度 (懸濁態) (pg/m<sup>3</sup>)

(4) 底質区画の基礎方程式

$$d/dt ( F_{solution}^j + F_{sediment}^j (1 - )_s ) Sur^{water} h^{sediment} = + ( Sink^j - Release^j ) Sur^{water} - V_{DEC}^j ( F_{solution}^j + F_{sediment}^j (1 - )_s ) Sur^{water} h^{sediment} - W F_{sediment}^j (1 - )_s Sur^{water}$$

- F<sup>solution</sup><sub>j</sub> : 底質の間隙水中の濃度 (pg/m<sup>3</sup>)
- F<sup>sediment</sup><sub>j</sub> : 底質粒子中の濃度 (pg/g)
- h<sup>sediment</sup> : 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 各媒体内・媒体間の基礎方程式  
 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 9 に示す値を設定した。

表 9 固体蒸気圧 (単位: Pa)

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	$2.5 \times 10^{-10}$
TeCDFs	$3.3 \times 10^{-6}$
PeCDFs	$3.9 \times 10^{-7}$
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<sup>-3</sup>/mole/degK)

$R$  : 気体定数 (atm<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 10 に示す値を用いた。

表 10 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。

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

ここで  $R^{25}$  は 25 での粒子相の気相に対して占める比率、 $V_p$  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<sup>t</sup> を R<sup>25</sup> 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

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

$$C^{rain}(Pg/m^3) = C_{air}^i(Pg/m^3) \times 0.224 / H( atm/(mol/m^3) )$$

で求めた。C<sup>rain</sup>は降雨中の濃度、C<sub>air</sub><sup>i</sup>は大気中の蒸気相の濃度を示す。Hはヘンリー定数である。ヘンリー定数は表 11 に示す値を用いた。WD<sub>air</sub><sup>i</sup>は下式により求めた。

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

粒子相の湿性沈着量については、係数を f として

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

で計算を行なった。C<sub>pat</sub><sup>i</sup>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<sup>air</sup> と WD<sup>pat</sup> の合計から湿性沈着量を求めた。

表 11 Henry 定数の値 ( atm / (mol/m<sup>3</sup>) )

異性体名	値	異性体名	値
TeCDDs(mean)	3.2 × 10 <sup>-5</sup>	TeCDFs(mean)	8.6 × 10 <sup>-6</sup>
PeCDDs(mean)	2.6 × 10 <sup>-6</sup>	PeCDFs(mean)	6.2 × 10 <sup>-6</sup>
HxCDDs(mean)	1.2 × 10 <sup>-5</sup>	HxCDFs(mean)	1.0 × 10 <sup>-5</sup>
HpCDDs(mean)	7.5 × 10 <sup>-6</sup>	HpCDFs(mean)	1.0 × 10 <sup>-5</sup>
OCDD(mean)	7.0 × 10 <sup>-9</sup>	OCDF(mean)	1.0 × 10 <sup>-5</sup>

(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

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

で計算を行なった。

表 12 粒子別の沈降速度

沈降粒子の種類	粒径 ( μm )	沈着表面	沈降速度 (cm/s)
Particles	0.03-30	Grassland	10 <sup>-3</sup> - 40
Pollen	20	Grassland	4.5
	32-35	Grassland	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

土壌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

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

の式で計算を行なった。ここで D<sub>air</sub><sup>i</sup>, C<sup>air</sup> はそれぞれ土壌気相中、および大気中の蒸気相の濃度 ( pg/m<sup>3</sup> ) を示す。ρ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

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

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) 土壌からの巻き上げ

土壌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。

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

ここで V は土壌の植物による被覆率、U<sub>m</sub>、U<sub>t</sub> 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> は土壌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 U<sub>t</sub> は EPA のレポートで報告されている値 (7 m/s) を用いた (Estimating exposure media concentration. EPA report 4-32~4-34)。

5-3-3 水収支の計算

土壌水分の収支式：

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

- Sur<sup>drain</sup> : 集水域の面積 (m<sup>2</sup>)
- h<sup>drain</sup> : 層厚 (m)
- wv : 土壌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 土壌中の分配

土壌中の濃度は、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)、土壌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壌大気中、土壌水中、および土壌に吸着している含有量に配分した。

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

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

$$D_{solution}^j = D_{air}^j H / 0.224$$

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

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

D<sub>soil</sub><sup>j</sup> ( pg / g ) : 土壌粒子中の濃度 (各ステップで計算される)

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

wv : 土壌水分の占める割合 (各ステップで計算される)

ws : 土壌の空隙率 (75%とした)

(g/m<sup>3</sup>) : 土壌密度 (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 13 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 13 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
TCCD 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) 水中の懸濁物質の沈降

水中の懸濁物質の沈降によるフラックス、 $W_s$  は

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

で計算した。ここで  $S_v$  は懸濁物質の沈降速度である。 $E_{pat}^j$  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) 底質からの溶出

底質からの溶出によるフラックス  $E$  は

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

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

5-3-6 水中での分配

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、 $Total(\text{pg/m}^3)$  から

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

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

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 は水中の懸濁物質の濃度を示す。 $K_d$  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 14 に示した。

表 14(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
HpCDDs	11.54	8.20	8.70	estimated
OCDD	8.60	7.46	8.70	estimated
TeCDFs	6.73	5.60	6.17	mean
PeCDFs	6.92	6.19	6.56	mean
HxCDFs			7.00	estimated
HpCDFs		7.92	7.92	mean
OCDF	13.35	7.05	10.20	mean

表 14(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
HpCDDs	8.49	HpCDFs	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。

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

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

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、および底質粒子に吸着されている濃度を示す。また 空隙率は空隙率、 $K_d$  は底質中の分配係数とする。



5-4 諸定数

表 15(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
大気相に 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	
土壌相に関 する諸元 (4)	流域土壌の面積	364,267	km <sup>2</sup>	
	流域土壌の厚さ	0.05	m	
	土壌粒子の密度	$2.5 \times 10^{-6}$	g/m <sup>3</sup>	
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	
土壌水分 (6)	飽和水分量	0.75	-	
	土壌水分量 ( 初期値 )	0.50	-	
底質相に 関する 諸元、及び パラメータ (7)	間隙率	0.80	-	
	境界層の厚さ	0.10	cm	
	底質相の厚さ	10	cm	
	間隙水中の拡散係数	$1.0 \times 10^{-6}$	cm <sup>2</sup> /s	
	懸濁物質の沈降速度	0.01	m/day	
	堆積速度	0.01	cm/day	
	底質粒子の密度	$2.5 \times 10^{-6}$	g/m <sup>3</sup>	

表 15(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 ) ( 8 )	TeCDDs TeCDFs	0.0032 0.0057	pg/m <sup>3</sup>	
	PeCDDs PeCDFs	0.0328 0.0732		
	HxCDDs HxCDFs	0.0167 0.0695		
	HpCDDs HpCDFs	0.00659 0.0106		
	OCDD OCDF	0.00019 0.00009		
初期値 ( 土壌 ) ( 9 )	TeCDDs TeCDFs	0.24 0.12	pg/g	
	PeCDDs PeCDFs	2.36 1.39		
	HxCDDs HxCDFs	1.77 1.47		
	HpCDDs HpCDFs	1.47 0.40		
	OCDD OCDF	0.26 0.01		
初期値 ( 河川 ) ( 10 )	TeCDDs TeCDFs	0.0223 0.0701	pg/l	
	PeCDDs PeCDFs	0.0359 0.0767		
	HxCDDs HxCDFs	0.0305 0.1029		
	HpCDDs HpCDFs	0.0427 0.0309		
	OCDD OCDF	0.0059 0.0004		
初期値 ( 底質 ) ( 11 )	TeCDDs TeCDFs	0.1549 0.1522	pg/g	
	PeCDDs PeCDFs	1.1158 1.6757		
	HxCDDs HxCDFs	0.8291 1.4987		
	HpCDDs HpCDFs	0.8482 0.3794		
	OCDD OCDF	0.1160 0.0040		

表 15(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 (12)	分子量	322.0 (TeCDDs)	g/mol	
		356.5 (PeCDDs)		
		391.0 (HxCDDs)		
		425.5 (HpCDDs)		
		460.0 (OCDD)		
		306.0 (TeCDFs)		
		340.5 (PeCDFs)		
		375.0 (HxCDFs)		
		409.5 (HpCDFs)		
		444.0 (OCDF)		
	蒸気圧、融点	表 9, 表 10 参照		
	気相分配に関するパラメータ	6.11 × 10 <sup>7</sup> 1.14, 11.13	-	
	大気粒子の沈降速度	2	m/h	
	fパラメータ	10 <sup>4</sup>	-	
	Henry 定数	表 11 参照		
	大気中の分子拡散係数	0.47	cm <sup>2</sup> /s	
	土壌 - 大気境界層厚	1.00	m	
	巻き上げを評価するパラメータ	7.00, 1.05		
	土壌の OC	0.05		
	KOC	表 13 参照		
水域の懸濁物質濃度	10	(g/m <sup>3</sup> )		
水中の分子拡散係数	1.0 × 10 <sup>-5</sup>	(cm <sup>2</sup> /s)		
底質相の境界層厚	0.001	m		
水中懸濁物質/底質の OC	0.15/0.075			
水中の分配に関するパラメータ	表 14 参照			
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 (土壌の値：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。底質は土壌の 1/2 とした)	表 2 参照		1/ day	

## < 参考 >

### 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について

上記報告については、本年 10 月 26 日の中央環境審議会大気部会に提出されたものから以下の修正がなされています。修正内容の概略については、11 月 29 日の同部会で環境基準専門委員長により報告されました。

- ・ 参考資料 2 図 2 (p.29) 及び表 6 (p.30)

水域に関する入力値につき単位系の不整合等があり、再計算を行った結果、図 2 及び表 6 の水質濃度の減少率比の変動範囲 (0.64 ~ 0.73 0.67 ~ 0.75) を修正した。(試算には同範囲の最小値の小数点以下第 2 位を切捨てた値が用いられている。)

- ・ 参考資料 2 表 2 (p.27) 、5-2-1(1) (p.37) 及び表 15(3) (p.46)

懸濁物質(SS)及び底質の値(%) (7.5 15)、大気区画の基礎方程式の右辺最終項 ( $\dots \text{Vol}^{\text{air}} \dots \text{Vol}^{\text{air}} + (\text{Dif}^{\text{w}}) \text{Sur}^{\text{airwater}}$ ) 及び  $\text{Dif}^{\text{w}}$  凡例表記、分子量(TeCDFs 以下順に、228.0 306.0、212.0 340.5、237.0 375.0、229.0 409.5、259.0 444.0) のように誤記等を訂正した。

- ・ その他

将来、更に専門的検討の用に供されうることも考慮し、別紙 1 表 2、別紙 2 表 1 及び参考資料 2 表 8 の PCDD+PCDF ~ PCDD+PCDF+コプラ- PCB の欄の値を、小数点以下 3 桁に原則、統一した。また、人名、専門用語の表記の統一、整理等を適宜行った。

# ダイオキシン類の排出抑制対策のあり方について

## 排出抑制専門委員会報告

平成 1 1 年 1 0 月

中央環境審議会大気部会  
排出抑制専門委員会

# ダイオキシン類の排出抑制対策のあり方について（排出抑制専門委員会報告）目次

はじめに

1 . ダイオキシン類について -----	1
(1) 定義	
(2) 毒性等価係数	
(3) 大気環境濃度	
(4) 発生源と排出実態	
2 . これまでの排出抑制対策 -----	2
(1) 法による規制	
(2) 自主管理スキーム等による自主的な取り組み	
(3) 対策の効果	
3 . 今後の排出抑制対策 -----	3
(1) 対策の目標	
(2) 排出削減のための対策推進の考え方	
(3) 法規制のあり方	
特定施設の指定	
排出基準の設定	
上乘せ基準等の設定	
4 . 測定方法 -----	9
(1) 排出ガスの測定方法について	
(2) 設置者による測定について	
5 . 排出削減対策の着実な推進 -----	9
(1) 法の的確な施行	
(2) 自主的な取り組みの推進	
(3) 廃棄物減量化の推進	
(4) 継続的な大気環境モニタリングの実施	
(5) 排出インベントリーの各年毎の見直し	
(6) 削減状況に対する評価	
(7) 規制措置の必要な見直し	
6 . 今後の課題 -----	11
(1) ダイオキシン類の測定方法について	
(2) コプラナーPCBについて	
(3) 臭素系ダイオキシンについて	
(4) 排出削減のための技術的対応について	
(5) 循環型社会に適合した排出削減対策について	

おわりに

中央環境審議会大気部会  
排出抑制専門委員会委員名簿

区 分	氏 名	所 属 ・ 役 職
委員 長 特別委員	永田 勝也	早稲田大学理工学部教授
専門委員	浦野 紘平	横浜国立大学工学部教授
〃	加藤征太郎	中央大学理工学部講師
〃	小宮山 宏	東京大学工学部教授
〃	武田 信生	京都大学大学院工学研究科教授
〃	田中 勝	国立公衆衛生院廃棄物工学部長
〃	中杉 修身	国立環境研究所化学環境部長
〃	藤江 幸一	豊橋技術科学大学工学部教授
〃	前田 正史	東京大学生産技術研究所第4部教授
〃	宮田 秀明	摂南大学薬学部教授
〃	森川 陽	信州大学繊維学部教授
〃	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

# ダイオキシン類の排出抑制対策のあり方について

## 排出抑制専門委員会報告

はじめに

ダイオキシン類は、発ガン性等を有する物質であり、廃棄物の焼却等の燃焼過程等で非意図的に生成されることが知られている。

これまでに大気汚染防止法に基づく規制措置の導入など、様々な対策を実施してきており、政府としても平成11年3月、ダイオキシン対策関係閣僚会議において、「ダイオキシン対策推進基本指針」を策定したところである。

その後、平成11年7月、ダイオキシン類による環境汚染の防止及びその除去等を図り、国民の健康を保護することを目的として、「ダイオキシン類対策特別措置法」が制定された。同法においては、環境基準の設定、排出ガス及び排出水に関する規制等について規定されており、その施行に向け、中央環境審議会大気部会排出抑制専門委員会において、規制対象施設、基準等も含め、排出抑制対策について専門的事項の審議等を進めてきたところであるが、このたび排出抑制専門委員会報告としてとりまとめたので報告する。

### 1. ダイオキシン類について

#### (1) 定義

平成11年7月に成立したダイオキシン類対策特別措置法により、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」という。)、ポリ塩化ジベンゾフラン(以下「PCDF」という。 )及びコプラナーポリ塩化ビフェニル(以下「コプラナーPCB」という。 )であると定義されている。

#### (2) 毒性等価係数

PCDD、PCDF及びコプラナーPCBには、数多くの異性体が存在する。

ダイオキシン類の毒性評価に当たっては、これら異性体の中で最強の毒性を有する2,3,7,8-TeCDDの毒性を1としたときの他の異性体の相対的な毒性を毒性等価係数(TEF)で示し、これを用いてダイオキシン類としての有害性を等量(TEQ)で表現することが通例である。

TEFについては、NATO諸国の共同研究に基づく国際毒性等価係数(I-TEF(1988))や世界保健機関(WHO)が提案した毒性等価係数(WHO(1998)<sup>注</sup>)等があるが、今後、ダイオキシン類対策特別措置法の施行に係る毒性評価を行うに当たっては、耐容一日摂取量(TDI)の設定において妥当とされたWHO(1998)のTEFを用いることが適当である。(別表1参照)

これまでに得られた限られたデータではあるが、WHO-TEF(1998)を用いたPCDD+PCDF濃度は、環境大気並びに排ガスともに約1割ほどI-TEF(1988)を使用したものより高くなる傾向をもっている。(別表2参照)

なお、従来I-TEFが多く使用されてきたことから、本委員会の検討に用いたデー



タにはI - T E Fによるものが多いことに留意する必要がある。

注)このWHO - T E F ( 1 9 9 8 )は、1 9 9 7年にWHOから提案されており、1 9 9 8年に出版された論文に掲載されたものである。なお、従前用いられていたWHO - T E F ( 1 9 9 7 )はWHO - T E F ( 1 9 9 8 )と同一のものである。

### (3)大気環境濃度

環境庁が全国387地点で行った環境大気中での測定結果によれば、平成10年度における大気環境中のPCDD + PCDFの濃度は算術平均値で0.22pg-TEQ/m<sup>3</sup>、中央値で0.15pg-TEQ/m<sup>3</sup> (0.0 ~ 1.8pg-TEQ/m<sup>3</sup>、387地点)であった。なお、ダイオキシン類の濃度は算術平均値で0.23pg-TEQ/m<sup>3</sup>、中央値で0.17pg-TEQ/m<sup>3</sup> (0.0017 ~ 0.70pg-TEQ/m<sup>3</sup>、100地点)であった。

地方公共団体が行った環境大気中での測定結果によれば、平成10年度における大気環境中のPCDD + PCDFの濃度は算術平均値で0.23pg-TEQ/m<sup>3</sup>、中央値で0.18pg-TEQ/m<sup>3</sup> (0.0 ~ 0.96pg-TEQ/m<sup>3</sup>、458地点)であった。(別表3参照)

また、平成2年度から平成10年度にかけての、PCDD + PCDFの経年的な推移をみると、測定箇所や地点数が大きく異なるため、直接比較はできないものの、平成8年度は比較的高い平均値であったが、平成2年度から平成9年度まで同程度の濃度水準で推移し、平成10年度は低い値を示している。(別表4参照)

### (4)発生源と排出実態

平成11年6月に整備したPCDD + PCDFの排出インベントリーにおいては、平成9年の我が国の年間排出量は約6,400g - TEQ、平成10年は約2,900g - TEQと推定された。(別表5参照)

排出インベントリーは、PCDD + PCDFが発生しやすいと考えられる条件に該当する工程を有し、諸外国の現状や文献等を参考として、国内で実施された排出実態調査の結果などから排出量の推計が可能な発生源についてとりまとめたものである。また、この排出インベントリーはPCDD + PCDFの環境中への新たな排出を抑制するための発生源対策の基礎資料となるものであることから、フローとして環境中へ新たに排出されているものを対象としている。

なお、コプラナーPCBの排出濃度は、これまでの排出実態調査の結果によると、これらの排出源においては、PCDD + PCDFと比較しておおむね約1割に収まる範囲であった。(別表6参照)

## 2. これまでの排出抑制対策

### (1)法による規制

平成9年8月、大気汚染防止法及び廃棄物処理法の政省令等の改正を行い、PCDD + PCDFを対象に、廃棄物焼却炉及び製鋼用電気炉に対する法的な規制措置が導入されたところである(平成9年12月施行、既施設については平成10年12月より基準適用)。また、平成9年9月には大気環境指針値(年平均値で0.8pg-TEQ/m<sup>3</sup>)が設定されたところである。

さらに、廃棄物焼却炉からのダイオキシン類の多くがばいじんに含まれているこ

とも踏まえ、平成10年4月、廃棄物焼却炉に係るばいじん規制が大幅に強化された（平成10年7月施行、既施設については平成12年4月より基準適用。）。  
（別表7参照）

## (2) 自主管理スキーム等による自主的な取り組み

製鋼用電気炉については、平成9年12月から、大気汚染防止法に基づく法的措置に加え、有害大気汚染物質の自主管理スキームに基づく排出削減のための取り組みが実施されており、中央環境審議会及び化学品審議会においてその評価等を行っている。また、鉄鋼業焼結工程、亜鉛回収業及びアルミニウム合金製造業の3業種に関して、平成10年11月から排出削減のためのガイドラインによる業界の自主的な取り組みが開始されている。これらの業種にあっては、その自主的な取り組みが一定の成果を挙げていると評価できる。（別表8参照）

なお、廃棄物焼却炉についても、灰溶融等による飛灰等を含めた排出総量の削減やごみの減量化・マテリアルリサイクルの進展による焼却量の削減、ごみ焼却施設の集約化による高度な排出抑制技術の適用の推進など、法規制以外でのダイオキシン類排出削減対策の推進がなされ、ダイオキシン類の排出量の着実な削減が図られてきている。

## (3) 対策の効果

別表4の排出インベントリーに示されるように、平成9年に比べ、平成10年のPCDD+PCDFの排出総量は約半減したと見積もられている。また、大気環境濃度についても、平成9年度及び平成10年度の継続調査地点(52地点)において、平成9年度におけるPCDD+PCDFの平均値が0.56pg-TEQ/m<sup>3</sup>であったところが平成10年度には0.31pg-TEQ/m<sup>3</sup>と低減している。（別表9参照）

これらについては、平成9年12月以降、新設の施設については法による規制が適用され、既設の施設については規制の準備のための対策が講じられたこと、また、自主管理スキーム等による自主的な取り組みが推進されたことなどの対策の効果があらわれたものと考えられる。

# 3. 今後の排出抑制対策

## (1) 対策の目標

ダイオキシン対策の推進に当たっては、ダイオキシン類が難分解性で蓄積性があることに鑑み、排出総量を全体として削減することが重要である。平成11年3月にダイオキシン対策関係閣僚会議において策定された「ダイオキシン対策推進基本指針」においては、今後の排出削減対策の目標として、ダイオキシン類の排出総量を平成14年度において平成9年比で約9割削減することとしている。

ダイオキシン類対策特別措置法においては、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として、大気環境基準を設定することとされている。また、環境庁と厚生省が専門家会合を組織し、その合同会合においてTDIを4pg-TEQ/kg/日とすることが適当とされたところである。また、大気部会ダイオキシン類環境基準専門委員会において、現状におけるダイオキシン類の大気経路割合及び人への曝露に関する検討、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を踏まえ、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年平均値として0.6pg-TEQ/m<sup>3</sup>以下とすることが適当であるとされているところである。

このような状況を踏まえて、対策の目標としては、ダイオキシン類の排出総量を平成14年度において平成9年比で約9割削減すること及び全国的に大気環境基準を達成することとする。

## (2) 排出削減のための対策推進の考え方

ダイオキシン類の環境中の挙動等については未だ不明な点が多いため、削減対策技術を考慮して、環境への排出を極力抑制する方向で対策を進めることが必要である。

ダイオキシン類対策特別措置法に基づき、一定の施設については特定施設に指定し、規制対象として排出削減を行うことが必要である。

また、特定施設を含め、ダイオキシン類を排出している発生源については、技術的対応の可能性等を踏まえて、可能な限り自主的な取り組みにより、ダイオキシン類の排出削減に向けて努力することが求められる。

さらに、廃棄物焼却炉からの排出削減対策として、ごみ減量化による焼却量の削減や焼却炉の集約化による高度な排出削減対策技術の導入を進めることが重要である。

これらにより一層の排出削減を総合的かつ効果的に推進することが適当である。

## (3) 法規制のあり方

### 特定施設の指定

現在、既に大気汚染防止法等に基づく規制対象施設である廃棄物焼却炉及び製鋼用電気炉については、ダイオキシン類対策特別措置法に基づく特定施設に指定し、排出規制の徹底を図っていくことが適当である。

また、その他の施設についても、対策の目標達成、とりわけ排出総量を約9割削減するという目標に向けて、排出に関する最新の知見や排出実態調査の結果を踏まえ、ダイオキシン類の排出量、排出濃度、1事業所当たりの排出量を勘案し、排出が相対的に多い施設について、適用対策技術を考慮して特定施設とすることが適当である。現時点においては、発生源区分毎の排出量が10g-TEQ/年以上、これまでの調査での最高及び平均の排出濃度が1 ng-TEQ/m<sup>3</sup>N以上、1事業所当たりの排出量が0.1g-TEQ/年以上を各要素毎の一応の目安とし、これらの要素の総体を勘案して、ダイオキシン類の排出が相対的に多いという判断を行った。

具体的には、現時点においては以下の施設を特定施設とすることが適当である。

### 1) 未規制の小型廃棄物焼却炉

現在、1時間当たりの焼却能力が200kg未満の未規制の小型廃棄物焼却炉については、規制対象とされていないが、PCDD+PCDFの排出インベントリーにおいて排出が相対的に多いことを踏まえ、規制対象とすべきである。

この場合、排出実態や地方自治体の対応能力等を勘案して、現時点においては1時間当たりの焼却能力が50kg以上のものあるいはそれと同等以上の能力を有する処理施設に係る焼却炉を対象とすることが適当と考える。なお、それ未満のものについても、

今後、技術的対応やその適用のあり方等について検討することが必要である。

## 2)鉄鋼業焼結工程に係る施設

鉄鋼業焼結工程に関しては、焼結原料（粉鉄鉱石、粉コークス、無煙炭、石灰石、リサイクルダスト、ミルスケール等）中に塩素分や有機物が含まれ、また、触媒作用を持つ鉄や銅などが存在することなどからダイオキシン類が生成するものと考えられる。

特定施設としては銑鉄を製造する際に用いられる焼結鉱を製造する焼結炉（以下「焼結施設」という。）を指定することが適当である。なお、現存の施設規模を勘案し、これらの施設全てが規制対象となるよう、規模を規定することが適当である。

## 3)亜鉛回収工程に係る施設

亜鉛回収工程のうち、原料として製鋼用電気炉の集じん灰を使用する施設においては、ダイオキシン類や塩素分が含まれていることなどから、ダイオキシン類を排出していると考えられる。同工程には還元揮発法と塩化揮発法が採用されており、これらにはダイオキシン類を排出する複数の種類の炉がある。したがってこれらの炉を規制対象とし、特定施設としては、製鋼用電気炉の集じん灰等を原料とする亜鉛回収の用に供する焙焼炉、焼結炉、溶解炉、溶鉱炉、乾燥炉（以下「亜鉛回収施設」という。）とすることが適当である。なお、現存の施設規模を勘案し、これらの施設全てが規制対象となるよう、規模を規定することが適当である。

## 4)アルミニウム合金製造工程に係る施設

アルミニウム合金製造工程のうち、アルミニウムスクラップを原料とする施設においては、原材料に塩素分が付着しており、さらに、その溶解において不純物を除去するための塩素化合物等を使用していることなどから、ダイオキシン類が発生しているものと考えられる。同工程は一般に原料の乾燥（焙焼）、溶解、精製の複数のプロセスからなり、ダイオキシン類を排出する複数の種類の炉がある。したがってこれらの炉を規制対象とし、特定施設としては、アルミニウムスクラップを原料とするアルミニウム合金の製造の用に供する溶解炉、焙焼炉、乾燥炉（以下「アルミニウム合金製造施設」という。）とすることが適当である。なお、小規模事業の施設もあり、排出の規模を考慮して裾切りを行うことが妥当である。また、裾切り未済の規模の施設にあっても、技術的対応やその適用のあり方等について検討することが必要である。

上記施設を特定施設として規制対象にすることにより、平成9年ベースのインベントリーでみた排出総量の97%程度をカバーすることとなり、これらの施設に対する規制を通じて全体的な排出量の削減を目指すものとする。

なお、ダイオキシン類の排出総量を計画的に低減していく観点から、今後とも発生源情報の整備に努め、環境モニタリングや排出量のフォローアップの結果を踏まえ、必要に応じ特定施設の対象について検討を実施すべきである。

### 排出基準の設定

排出基準については、実施可能な技術的対応を講じた場合に達成することが可能なレベルで設定することとし、新設の大規模施設については実施可能な最善の技術的対応を

考慮して設定し、既設施設や中小規模の施設についてはその対応能力も考慮して設定することが適当である。

既に法に基づく規制対象とされている廃棄物焼却炉と製鋼用電気炉については、上記の考え方のもとで設定された既存の規制措置が実施されており、これにあわせた対策が個々の施設で進められていることに留意する。また、既設施設の基準値については着実な対策の実施が急がれることから、当面の基準及びその適用期間をあわせて示す必要がある。

なお、これらの排出基準の設定に当たっては、技術的対応の進展動向を勘案するとともに、現在得られている最新の排出実態を踏まえて設定する必要がある。

ここでいう技術的対応とは、排出削減のためのハードとしての技術のみならず、その運用や、さらには施設全体としての操業管理も含まれる。

ダイオキシン類の排出は、適用技術の運用や操業管理に大きく影響されるものであることから、排出削減技術に基づく施設の整備のみならず、こうしたソフト面での適切な対応も重要であることに留意すべきである。

廃棄物焼却炉については、燃焼改善、適切な排ガス処理（集じん装置の低温化、高効率集じん装置の適用等）を行うことにより排出を低減できることが知られている。

具体的な排出削減のための技術的対応としては、燃焼工程で発生するダイオキシン類は未燃分の一種であることから、適切な燃焼管理（安定燃焼を前提に、高い燃焼温度（Temperature）の維持、高温での十分な滞留時間（Time）の確保、炉内での十分な攪拌・二次空気の混合（Turbulence）の「3-T」と呼ばれる条件を達成すること）が有効である。また、ダイオキシン類が250～500程度の排ガス中において前駆体から二次的に生成されることや、粒径の小さなばいじんによく含まれることなどが知られており、排ガスの冷却や高度な集じん処理などの適切な対応が必要である。

また、一般的には1時間当たりの燃焼能力が200kg未満の小型廃棄物焼却施設についても、適切な燃焼管理や集じん処理などが排出削減に有効であることから、今後、その適用を一層推進することが必要である。

製鋼用電気炉、焼結施設、亜鉛回収施設、アルミニウム合金製造施設については、構造や操業条件が異なるため、同一の技術的対応が適用できるものではなく、また、当然廃棄物焼却炉とは同じではないが、大きく分類すれば原燃料に係る対応（原料の均質化、塩素の含有量や使用量の削減等）、集じん効率の向上（集塵装置の高度化、管理強化等）、排ガスの急冷化、操業管理における改善などの各種対応を適切に組み合わせることにより、排出の低減が進められているところである。また、これらの技術的対応については、現在も精力的に開発が進められているところである。

なお、これらの施設は、スクラップや集じん灰等、社会や他の産業などからの不要物あるいは廃棄物に相当するものをマテリアルリサイクルする役割を担っており、21世紀の目標である循環型社会の構築においては、欠くことのできない施設である。また、こうした施設からのダイオキシン類の排出は、スクラップや集じん灰等の原料の性状が一因ともなっていることから、より上流側での対応の重要性を強調しておきたい。物質循環全体の中での対策を進めることが重要である。

また、物質循環全体の中でのダイオキシン類排出削減のための技術的対応には、大気

への排出防止がばいじんの増加を招き、ダイオキシン類を含む固形廃棄物や排水を増加させることになるものもある。このことを踏まえ、プロセス全体としての排出が低減できるような、発生抑制を中心とした技術的対応に優先的に取り組むべきである。

上記の基本的考え方を踏まえ、現時点における特定施設に関する排出基準について、以下のとおり提案する。

- 1) 製鋼用電気炉及び廃棄物焼却炉については、新設・既設の区分及び施設規模に応じて、現在、大気汚染防止法に基づき定められている指定物質抑制基準の水準で設定することが適当である。なお、ダイオキシン類の範囲にコプラナーPCBが加えられたことから、実質的には基準の強化となるが、この点に関しては、排出抑制対策の進展に期待するところである。また、WHO-TEFの採用も実質的な基準強化になるものと想定される。
- 2) 未規制の小型廃棄物焼却炉については、施設規模200kg/時以上2t/時未満の廃棄物焼却炉に係る排出基準と同等とすることが適当である。すなわち、新設の施設については5ng-TEQ/m<sup>3</sup>N、既設の施設については10ng-TEQ/m<sup>3</sup>Nとすることが適当である。
- 3) 焼結施設、亜鉛回収施設、アルミニウム合金製造施設については、現時点で適用が可能な限りの技術的対応を早期に講ずることを基本的な考え方とし、自主的な排出削減のためのガイドラインによる取組みがなされているが、ここでの目標値の水準と同レベルとすることが適当である。なお、ダイオキシン類の範囲にコプラナーPCBが加えられたことから、実質的にはより高レベルの対応を求めることとなるが、この点に関しては、排出抑制対策の進展に期待するところである。また、WHO-TEFの採用も実質的な基準強化になるものと想定される。
- 4) 既設の施設については、対策技術を導入するまでの期間が必要となることを考慮して、平成14年11月までを目途にすべての施設が排出基準を達成すべきと考える。但し、排出濃度が高い施設については早期に対策に着手する必要があることや、対策に進展が見られる施設にあってはそれを維持させる必要もあることから、小規模な改造及び管理状況の改善によって達成可能な当面の基準をあわせて設定することが適当である。なお、当面の基準設定に当たっては、それぞれの特定施設の現時点における排出実態を勘案することが適当である。

以上の考え方を踏まえて、基準値は次表のように設定することが適当である。

表 ダイオキシン類に係る特定施設及び排出基準値（案）

特定施設の種類		新設施設の 排出基準	既 設 施 設 の 排 出 基 準		
			H12.1-H13.1	H13.1 - H14.11	H14.12-
廃棄物 焼却炉 (施設の 燃焼能力 50kg/h以上)	4t/h以上	0.1ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	基 準 の 適 用 を 猶 予	80 ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	1ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
	2t/h-4t/h	1ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>			5ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
	2t/h未満	5ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>			10ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
製鋼用電気炉		0.5ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>		20 ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	5ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
焼結施設		0.1ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>		2 ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	1ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
亜鉛回収施設		1ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>		40 ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	10ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
アルミニウム合金製造施設		1ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>		20 ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	5ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>

注) 廃棄物焼却炉については酸素濃度12%補正、焼結施設については酸素濃度15%補正を行うこととする。既に大気汚染防止法において新設施設の指定物質抑制基準が適用されている施設については、新設施設の排出基準を適用することとする。

#### 上乗せ基準等の設定

の規制水準に基づく規制及び上に述べた各般の施策が講じられた場合、ほぼ全国にわたって大気環境基準を達成することが可能であると考えられるが、特殊な地形条件などによる拡散条件の悪さや多数の発生源が集中していることなどの自然的社会的条件により、大気環境基準の確保が困難と認められる地域がある場合には、大気環境基準が維持されるため必要かつ十分な程度の上乗せ基準あるいは総量規制基準の設定を講じる必要がある。

## 4．測定方法

### (1)排出ガスの測定方法について

発生源における排出ガスの測定方法としては、平成11年9月に制定された日本工業規格（JIS）である「排ガスのダイオキシン類及びコプラナーPCBの測定方法（JISK 0311）」を用いることが適当である。また、測定の信頼性を確保するため、適切な精度管理、試料採取等を行うことが必要である。

JISによる測定方法においては、毒性等量（TEQ）の算出方法として、以下の記述がなされている。

- 1)特に指定がない場合は、定量下限以上の値はそのままの値を用い、定量下限未満で検出下限以上の値と検出下限未満のものは0（ゼロ）として各異性体の毒性等量を算出し、それらを合計して毒性等量を算出する。
- 2)毒性等量算出の目的に応じて、1)以外にも下記の方法があり、指定がある場合には次による。
  - 2.1)定量下限以上の値と定量下限未満で検出下限以上の値はそのままその値を用い、検出下限未満のものは試料ガスにおける検出下限を用いて各異性体の毒性等量を算出し、それらを合計して毒性等量を算出する。
  - 2.2)定量下限以上の値と定量下限未満で検出下限以上の値はそのままその値を用い、検出下限未満のものは試料ガスにおける検出下限の1/2の値を用いて各異性体の毒性等量を算出し、それらを合計して毒性等量を算出する。

大気排出基準については、それにより罰則を伴う規制を行うものであり、ダイオキシン類対策特別措置法を運用するに当たり、十分な精度が得られていない定量下限未満の値を前提とすることはできない。

このため、排出濃度の算出においては、定量下限以上の値はそのままの値を用い、定量下限未満のものは0（ゼロ）として算出する方法を用いることが適当である。

### (2)設置者による測定について

ダイオキシン類対策特別措置法第28条に基づく大気排出基準適用施設の設置者による測定については、分析費用が非常に高価であることも考慮して、年1回以上とすることが適当である。

また、ダイオキシン類の排出削減対策の推進の観点からも、今後、簡易測定法の確立を図ることが適当である。

なお、ダイオキシン類の測定に当たっては、その時の操業状態を表す指標やダイオキシン類に関連が深い排ガス濃度成分などに加えて、こうした情報の日頃の操業における状況を合わせて把握しておくことが期待される。

## 5．排出削減対策の着実な推進

### (1)法の的確な施行



ダイオキシン類対策特別措置法に基づき、特定施設からのダイオキシン類の排出を着実に削減するため、規制の徹底を図っていくことが重要である。

#### (2)自主的な取り組みの推進

法規制遵守はもちろんのこと、自主的な取り組みの推進による排出量の削減に努めることが必要であり、既に基準を遵守できている場合にも、これを維持し、一層の低減に努めることが期待される。

また、法規制対象外の施設にあっても、排出実態の把握に努めるとともに排出削減のための対応を進めることが望まれる。

なお、ダイオキシン類の排出削減技術の開発は急速に進んでいることなどを踏まえ、事業者による自主的な排出削減に係る取り組みが一層推進されるよう、簡易測定法の確立など、事業者が取り組みやすい環境を整備することが必要である。

#### (3)廃棄物減量化の推進

ダイオキシン対策関係閣僚会議において策定された廃棄物の減量化の目標量を達成するべく必要な施策の推進に努め、廃棄物の焼却量を削減し、規制措置の徹底と併せて、廃棄物焼却施設からのダイオキシン類の排出を削減することが必要である。（別表10参照）

#### (4)継続的な大気環境モニタリングの実施

ダイオキシン類の排出削減対策を推進するとともに、環境中のダイオキシン類のモニタリングを推進することにより、環境改善効果を把握し、大気環境基準の達成状況を確認する必要がある。

#### (5)排出インベントリーの各年毎の見直し

今後、発生源における排出削減を徹底するとともに、ダイオキシン類の排出量の削減状況の把握に努めるとともに、未だ明らかになっていない発生源からの排出実態を明らかにし、これらの知見の充実を踏まえ、毎年、排出インベントリーを更新することが必要である。

また、全国の排出総量の平成9年比約9割削減の目標達成に向けた排出削減の進捗を確認していくことが重要である。

#### (6)削減状況に対する評価

各施設毎等において対策の評価を行う場合には、排出濃度の低減とともに排出量の削減が重要であることを踏まえ、排出濃度の低減のみならず排出量の削減や排出原単位の動向についても評価していくことが必要である。

#### (7)規制措置の必要な見直し

大気環境モニタリングを継続するとともに、環境濃度と排出量の関係の把握に努め、排出に係る知見や排出削減に対する技術的対応の動向を踏まえて、規制対象施設や規制水準について適宜見直しを行うことが適当である。

## 6. 今後の課題

### (1) ダイオキシン類の測定方法について

事業者が自主管理に取り組みやすい環境を整備するため、簡易な測定・分析方法を早急に確立する必要がある。また、大気環境中濃度の測定に関して、年平均値をより適切に把握することができるようにするため、長期間連続サンプリング法について早急に検討する必要がある。

### (2) コプラナーPCBについて

新たにコプラナーPCBがダイオキシン類に含まれることとなったことを踏まえ、各種発生源からの排出等の状況の把握等を行い、コプラナーPCBに係る知見をとりまとめる必要がある。また、今後、大気環境中濃度を把握するとともに、PCDD+PCDFとあわせてその環境中の挙動を解明することが必要である。

### (3) 臭素系ダイオキシンについて

ダイオキシン類対策特別措置法附則第2条に基づき、臭素系ダイオキシンの発生過程などに係る調査研究を推進していく必要がある。

### (4) 排出削減のための技術的対応について

ダイオキシン類に係る排出削減技術の開発を推進するとともに、その適切な運用や維持管理の日常的な徹底方策、さらには操業管理の改善策等についての検討を進め、これらを組み合わせて適切な排出削減対策を図っていくことが重要である。特に排ガスのみならず、排水や固形廃棄物を含めたプロセス全体としての排出削減対策の開発・適用が重要である。

### (5) 循環型社会に適合した排出削減対策について

21世紀の目標である循環型社会の構築を目指し、廃棄物の削減に努めることはもちろんのこと、物質循環の中で総合的にダイオキシン類の排出低減を図っていく施策に取り組む必要がある。

## おわりに

今般、ダイオキシン類対策特別措置法に基づく排出ガスに係る規制方策の検討を行い、専門委員会報告としてとりまとめた。

法の施行に伴い、大気環境の常時監視や特定施設設置事業者による自主測定結果の届出などにより、ダイオキシン類に関する環境中濃度や排出実態に係る知見はさらに充実するものと考えられる。

今後、特定施設に対する規制措置の徹底や自主管理の推進を図るとともに、施策の効果を把握しつつ、未だ明らかになっていない発生源からの排出実態や発生源と環境濃度の関連等についての新たな科学的知見をさらに充実させ、必要な対策について検討することが重要である。

別表1 ダイオキシン類の毒性等価係数(TEF)

a) PCDD及びPCDF

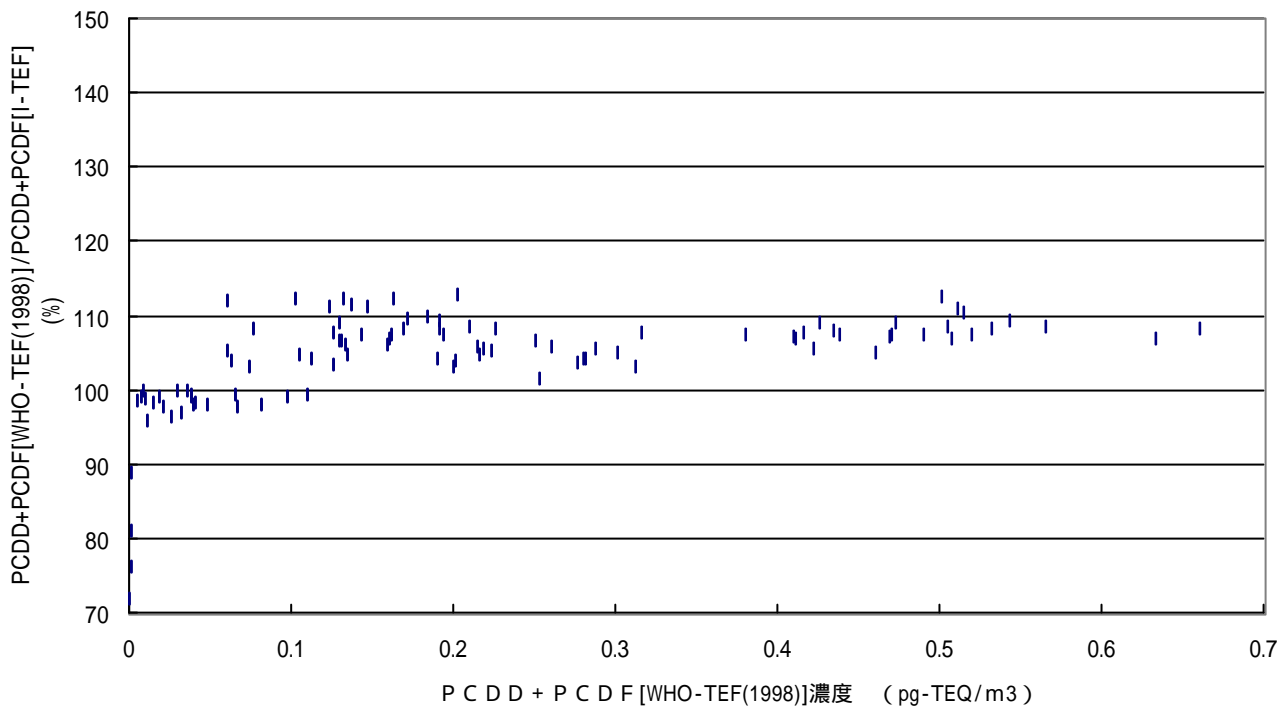
PCDD, PCDF	WHO-TEF (1998)	I-TEF (1988)
2,3,7,8-TeCDD	1	1
1,2,3,7,8-PeCDD	1	0.5
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01	0.01
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD	0.0001	0.001
2,3,7,8-TeCDF	0.1	0.1
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05	0.05
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5	0.5
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	0.1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01	0.01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01	0.01
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDF	0.0001	0.001
他のPCDD, PCDF	0	0

b) コプラナーPCB

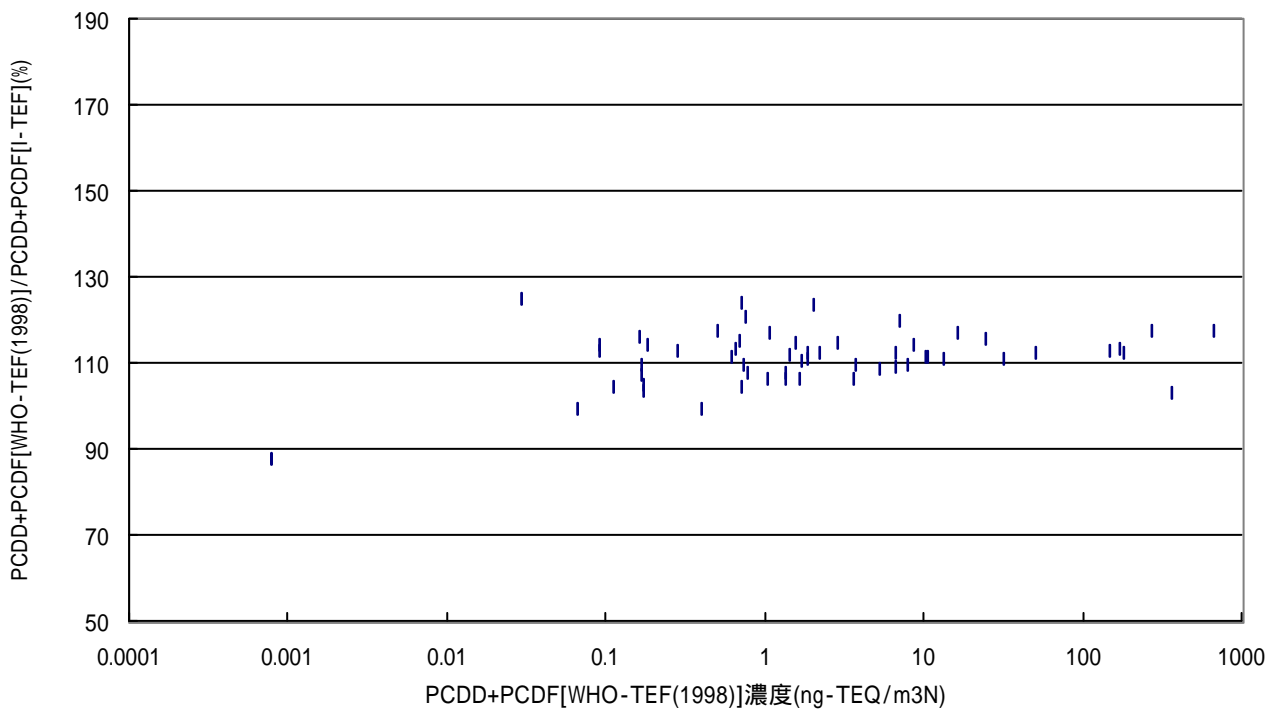
	異性体	IUPAC No.	WHO-TEF (1998)	WHO/IPCS-TEF (1993)
ノンオルト (Non-ortho)	3,4,4',5-TeCB	# 81	0.0001	-
	3,3',4,4'-TeCB	# 77	0.0001	0.0005
	3,3',4,4',5-PeCB	#126	0.1	0.1
	3,3',4,4',5,5'-HpCB	#169	0.01	0.01
モノオルト (Mono-ortho)	2',3,4,4',5-PeCB	#123	0.0001	0.0001
	2,3',4,4',5-PeCB	#118	0.0001	0.0001
	2,3,3',4,4'-PeCB	#105	0.0001	0.0001
	2,3,4,4',5-PeCB	#114	0.0005	0.0005
	2,3',4,4',5,5'-HpCB	#167	0.00001	0.00001
	2,3,3',4,4',5-HpCB	#156	0.0005	0.0005
	2,3,3',4,4',5'-HpCB	#157	0.0005	0.0005
	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB	#189	0.0001	0.0001
ジオルト (Di-ortho)	2,2',3,4,4',5,5'-HxCB	#180	-	0.00001
	2,2',3,3',4,4',5-HxCB	#170	-	0.0001

別表2 毒性等価係数によるPCDD+PCDF濃度の差異

(a)一般環境大気環境(平成10年度緊急全国一斉調査結果)



(b)排出ガス(平成10年度未規制小型焼却炉排出実態調査結果)



別表3 平成10年度ダイオキシン類に関する大気環境モニタリング調査結果の概要

(1) 環境庁調査結果 (PCDD+PCDF)

単位：pg-TEQ/m<sup>3</sup>

地域分類	地点数	検体数	平均	中央値	最小	最大
発生源周辺	138	552	0.25	0.17	0.00030	1.8
大都市地域	118	472	0.22	0.15	0.00050	1.1
中小都市地域	118	472	0.18	0.13	0.0	0.86
ハックグラウンド	7	28	0.013	0.0062	0.0	0.067
沿道	3	12	0.44	0.60	0.00093	0.72
沿道後背地	3	12	0.44	0.61	0.014	0.70
全体	387	1,548	0.22	0.15	0.0	1.8

(注1) 毒性等価係数はWHO-TEF(1998)を用いた。

(1) 環境庁調査結果 (ダイオキシン類)

単位：pg-TEQ/m<sup>3</sup>

地域分類	地点数	検体数	平均	中央値	最小	最大
発生源周辺	64	256	0.25	0.19	0.015	0.70
大都市地域	26	104	0.21	0.18	0.0050	0.53
中小都市地域	6	24	0.20	0.15	0.0017	0.66
ハックグラウンド	4	16	0.021	0.0058	0.0018	0.071
全体	100	400	0.23	0.17	0.0017	0.70

(注1) 毒性等価係数はWHO-TEF(1998)を用いた。

(2) 地方公共団体調査結果(PCDD+PCDF)

単位：pg-TEQ/m<sup>3</sup>

地域分類	地点数	検体数	平均	中央値	最小	最大
一般環境	381 (414)	1,360 (1,416)	0.23 (0.22)	0.20 (0.18)	0.0 (0.0)	0.96 (0.96)
発生源周辺	61 (96)	176 (223)	0.20 (0.22)	0.14 (0.14)	0.00027 (0.0)	0.65 (1.1)
沿道	16 (16)	54 (54)	0.19 (0.19)	0.18 (0.18)	0.0030 (0.0030)	0.48 (0.48)
全体	458 (526)	1,590 (1,693)	0.23 (0.22)	0.18 (0.17)	0.0 (0.0)	0.96 (1.1)

(注1) 括弧内は年平均値として評価することができないデータ(年1回測定など)も含めた数値である。

(注2) 毒性等価係数はI-TEFを用いた。

(注) 地域分類について

一般環境：固定発生源等の直接の影響を受けない通常人が居住しうる地域

発生源周辺：固定発生源の集中する地域又は比較的大きな固定発生源が存在する地域

沿道：車種別交通量、走行速度、気象条件及び地理的条件を勘案して、自動車からの排出が予想される物質の濃度が高くなる地点

沿道後背地：沿道調査地点より数十から数百メートル離れており、直接自動車からの排出の影響を受けない地点

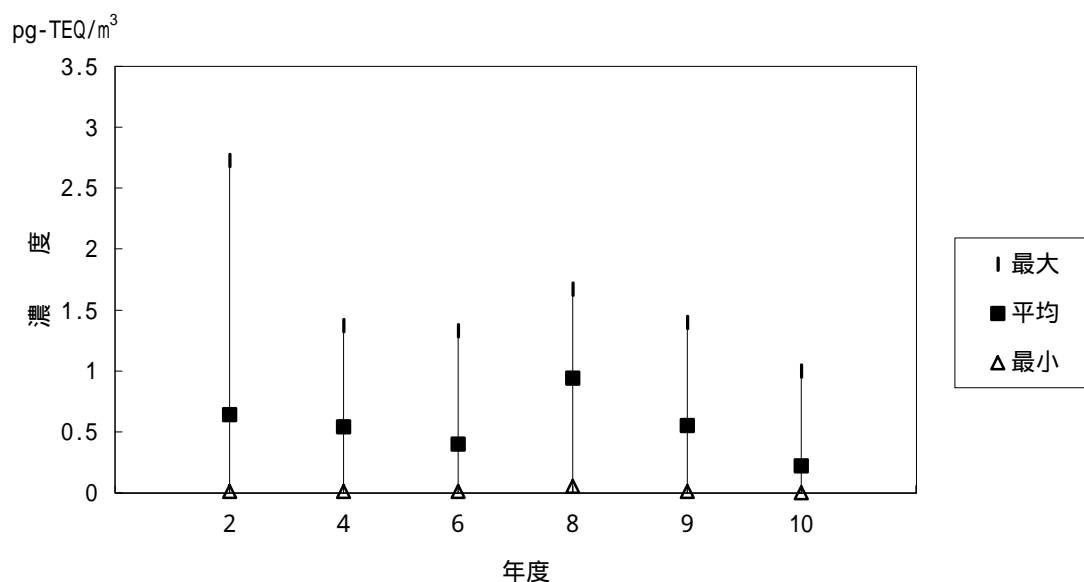
## 別表4 大気環境におけるPCDD+PCDFの経年変化

表 PCDD+PCDFの大気環境濃度(一般環境)の経年変化

単位:pg-TEQ/m<sup>3</sup>

	平成2年度	平成4年度	平成6年度	平成8年度	平成9年度	平成10年度
平均値	0.64	0.54	0.40	0.94	0.55	0.22
最小値	0.01	0.01	0.01	0.05	0.010	0.0
最大値	2.73	1.37	1.33	1.67	1.4	1.0
地点数	19	20	20	20	63	617

図 PCDD+PCDFの大気環境中濃度(一般環境)の経年変化



注) 表及び図は以下に従いまとめた。

平成2～8年度については環境庁調査結果、平成9、10年度については環境庁及び地方公共団体調査結果による環境庁調査、地方公共団体調査ともに、一般環境(工業地域周辺の住宅地域、大都市地域及び中小都市地域)における測定結果をまとめた(発生源周辺及び沿道を除く)。

測定地点は調査ごとに変更している場合があるので、同一地点の経年変化を表すわけではない。

最大値及び最小値は、各年度、各地域ごとに測定した地点の年平均値としてのものである。

PCDD+PCDFの濃度はI-TEF(1988)で示した。

別表5 PCDD+PCDFの排出量の目録(排出インベントリー)

発 生 源	排 出 量		備 考	
	平成9年	平成10年	平成9年	平成10年
一般廃棄物焼却施設	4,320	1,340		
水		水 0.016		
産業廃棄物焼却施設	1,300	960		
水		水 0.065		
未規制小型廃棄物焼却炉(事業所)		325~345		
火葬場	1.8~3.8			
製鋼用電気炉	187	114.7		
製紙業				
(KP回収ボイラー)	1.7			
(汚泥焼却炉、スラッジボイラー)	2.8			
水	0.4	水 0.1		
塩化ビニル製造業		0.6		
水	0.35	水 0.24		
セメント製造業		1.86		
鉄鋼業 焼結工程	118.8	100.2		
鋳鍛鋼製造業		1.4		
銅一次製錬業		4.0		
鉛一次製錬業		0.05		
亜鉛一次製錬業		0.3		
銅回収業		0.05		
鉛回収業		1.0		
亜鉛回収業	34.0	16.4		
貴金属回収業		0.02		
伸銅品製造業		5.316		
アルミウム合金製造業	15.7	14.3		
アルミウム圧延業		1.6		
(軽金属圧延工程等)	水 0.3	水 0.063		
(押出専用工程)		0.05		
電線・ケーブル製造業		1.89		
アルミニウム鋳物・ダイカスト製造業		0.21		
電気業 火力発電所		2.4		
たばこの煙	0.075~13.2	0.079~13.9		
自動車排出ガス	2.14			
最終処分場	水	水 0.078		
合 計	6,330~6,370	2,900~2,940		

- (注) 1: 排出量の単位は、g-TEQ/年であり、I-TEF(1988)を用いた。  
 2: 水への排出については実態調査結果のあるものについて掲載した。  
 3: 排出量については、無印のものは大気への排出を示す。  
 4: 矢印は推計年と同様の排出があったとみなしたことを示す。  
 5: 備考欄の番号は次に示す事項と対応する。  
 : 平成9年1月厚生省推計  
 : 平成9年5月通商産業省推計  
 : 平成10年11月通商産業省推計  
 : 平成11年4月厚生省推計  
 : 平成11年5月厚生省推計  
 : 平成11年6月環境庁推計  
 : 平成11年6月通商産業省推計

別表6 主な発生源の排出状況について

1. 廃棄物焼却施設

表1(1) 廃棄物焼却施設の排ガス中のPCDD + PCDF濃度(平成10年度厚生省調査結果)

一般廃棄物焼却施設 (単位: ng-TEQ/m<sup>3</sup><sub>N</sub>)

	施設規模	調査炉数	平均値	中央値	最小値～最大値
市町村設置	4t/時以上	591	3.7	0.75	0.00～57
	2～4t/時	873	8.5	3.3	0.00～77
	2t/時未満	780	12	5.8	0.00～110
	全体	2,244	8.6	3.1	0.00～110
事業者設置		290(施設数)	9.2	2.3	0.00～95

(注1)市町村設置について稼働施設数1,584施設、うち報告施設数1,506施設(2,244炉)

(注2)PCDD + PCDFの濃度はI-TEF(1988)で示した。

産業廃棄物焼却施設 (単位: ng-TEQ/m<sup>3</sup><sub>N</sub>)

焼却廃棄物	施設数	平均値	中央値	最小値～最大値
廃プラスチック類	1,467	9.0	2.0	0.00～190
汚泥	575	6.1	0.5	0.00～120
廃油	578	6.4	0.8	0.00～110
その他(木くず等)	1,639	11.5	3.1	0.00～560
全体	3,153	9.0	1.8	0.00～560

(注1)各施設の焼却廃棄物の種類が複数あるため、施設数の合計は全施設数と一致しない。

(注2)PCDD + PCDFの濃度はI-TEF(1988)で示した。

表1(2) 廃棄物焼却炉からのダイオキシン類排出実態調査結果

(平成9年度環境庁調査結果)

(単位: ng-TEQ/m<sup>3</sup><sub>N</sub>)

物質名	発生源	検体数	平均値	最小値～最大値
PCDD + PCDF	一般廃棄物焼却炉	3	11	1.5～28
	産業廃棄物焼却炉	3	23	11～40
コプラナーPCB	発生源	検体数	平均値	最小値～最大値
	一般廃棄物焼却炉	3	0.12	0.036～0.20
	産業廃棄物焼却炉	3	1.2	0.74～1.7

(注1)PCDD + PCDFの濃度はI-TEF(1988)、コプラナーPCBの濃度はWHO-TEF(1998)で示した。



## 2. 未規制小型廃棄物焼却炉

表2 平成10年度未規制小型焼却炉ダイオキシン類排出実態調査結果

(単位：ng-TEQ/m<sup>3</sup><sub>N</sub>)

物質名	調査主体	検体数	平均値	中央値	最小値～最大値
PCDD + PCDF	環境庁調査	57	32	1.3	0.00089～574
	厚生省調査	47	18	7.0	0.036～130
	全 体	104	26	1.9	0.00089～574
コプラ-PCB WHO-TEF (1998)	調査主体	検体数	平均値	中央値	最小値～最大値
	環境庁調査	57	1.2	0.042	0.000064～14
	厚生省調査	47	0.51	0.10	0.000077～4.5
	全 体	104	0.89	0.058	0.000064～14

(注1) PCDD + PCDFの濃度はI-TEF(1988)、コプラ-PCBの濃度はWHO-TEF(1998)で示した。

### 3. 産業系発生源

表3(1) 産業系発生源からのダイオキシン類排出実態調査結果  
(平成9～10年度環境庁調査結果)

平成9年度排出実態調査結果		(単位：ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )		
物質名	発生源	検体数	平均値	最小値～最大値
PCDD + PCDF	鉄鋼業焼結工程	6	0.42	0.010～1.1
	アルミニウム溶解炉	6	0.095	0.014～0.18
	セメントキルン	3	0.16	0.031～0.41
γ <sup>1</sup> ナ-PCB	発生源	検体数	平均値	最小値～最大値
WHO-TEF1998	セメントキルン	3	0.013	0.000068～0.036
平成10年度排出実態調査結果		(単位：ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )		
物質名	発生源	検体数	平均値	最小値～最大値
PCDD + PCDF	製鋼用電気炉	5	0.37	0.018～0.95
	鉄鋼業焼結工程	5	0.21	0.11～0.32
	亜鉛回収業	1	(9.1)	(9.1)
	アルミニウム合金製造業	2	0.32	0.0042～0.64
γ <sup>1</sup> ナ-PCB	発生源	検体数	平均値	最小値～最大値
WHO-TEF 1998	製鋼用電気炉	5	0.14	0.0052～0.51
	鉄鋼業焼結工程	4	0.021	0.011～0.034
	亜鉛回収業	1	(1.7)	(1.7)
	アルミニウム合金製造業	2	0.028	0.0016～0.054

(注)PCDD + PCDFの濃度はI-TEF(1988)、γ<sup>1</sup>ナ-PCBの濃度はWHO-TEF(1998)で示した。

表3(2) 産業系発生源からのダイオキシン類排出実態調査結果  
(平成11年度環境庁及び通商産業省調査結果)

環境庁調査結果		(単位：ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )		
物質名	発生源	検体数	平均値	最小値～最大値
PCDD + PCDF	製鋼用電気炉	4	1.7	0.21～5.1
	鉄鋼業焼結工程	3	0.33	0.0043～0.94
	亜鉛回収業	2	4.0	0.50～7.4
	アルミニウム合金製造業	6	1.7	0.021～8.3
γ <sup>1</sup> ナ-PCB	発生源	検体数	平均値	最小値～最大値
WHO-TEF 1998	製鋼用電気炉	4	0.21	0.081～0.33
	鉄鋼業焼結工程	3	0.021	0.0031～0.055
	亜鉛回収業	2	0.44	0.070～0.81
	アルミニウム合金製造業	6	0.24	0.0045～0.63
通商産業省調査結果		(単位：ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )		
物質名	発生源	検体数	平均値	最小値～最大値
PCDD + PCDF	製鋼用電気炉	5	3.5	0.16～16
	鉄鋼業焼結工程	4	0.39	0.0011～1.1
	亜鉛回収業	2	1.2	0.81～1.5
	アルミニウム合金製造業	6	12	0.030～69
γ <sup>1</sup> ナ-PCB	発生源	検体数	平均値	最小値～最大値
WHO-TEF 1998	製鋼用電気炉	5	0.26	0.018～0.96
	鉄鋼業焼結工程	4	0.034	0.0000041～0.078
	亜鉛回収業	2	0.30	0.13～0.48
	アルミニウム合金製造業	6	1.3	0.0000063～6.9

(注)PCDD + PCDF、γ<sup>1</sup>ナ-PCBの濃度の濃度はWHO-TEF(1998)で示した。なお、鉄鋼業焼結工程については酸素濃度15%換算値である。

表3(3) 産業系発生源からのPCDD+PCDF排出実態調査結果  
(平成9年6月、平成10年11月 通商産業省とりまとめ)

(単位: ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )					
業種名	排出形態等	調査数	平均	標準偏差	濃度範囲
製鋼用電気炉*	分流式直引ガス	41	5.32	11.9	0.03 - 76
	分流式連置ガス	3	0.10	0.1	0.00 - 0.2
	合流式	19	0.40	0.3	0.08 - 1.33
製紙業*	黒液ボイラ	6	0.04	0.1	0.00 - 0.18
	汚泥ボイラ	4	0.35	0.4	0.00 - 0.73
塩化ビニル製造業	廃液焼却	9	0.32	0.32	0.0091 - 0.99
	排ガス焼却	7	0.21	0.25	0.0099 - 0.66
	その他	3	0.022	0.03	0.00085 - 0.065
セメント製造業	セメント炉	44	0.0087	0.014	0 - 0.075
鉄鋼業 焼結工程	総合排ガス	16	0.69	0.58	0.012 - 1.7
鋳鍛鋼製造業	総合排ガス	9	0.21	0.28	0.0063 - 0.82
銅一次製錬業	総合排ガス	9	0.080	0.11	0 - 0.36
鉛一次製錬業	総合排ガス	2	0.16	0.14	0.02 - 0.289
亜鉛一次製錬業	総合排ガス	8	0.08	0.11	0.005 - 0.33
銅回収業	総合排ガス	1	1.60	-	-
鉛回収業	総合排ガス	3	0.50	0.49	0.02 - 1.17
亜鉛回収業	総合排ガス	9	12.10	10.41	0.55 - 72
貴金属回収業	総合排ガス	3	0.19	0.26	0 - 0.56
伸銅品製造業	シャフト炉	3	0.593	0.508	0.13 - 1.30
	電気炉(銅系)	3	0.243	0.262	0.01 - 0.61
	(黄銅系)	4	0.719	0.776	0.016 - 1.8
アルミニウム合金製造業	[前処理工程]				
	切り粉乾燥	2	4.95	0.45	4.5 - 5.4
	缶スクラップ選別	1	2.3	-	-
	[溶解工程]				
	前炉付溶解炉	11			
	燃焼系	4	0.38	0.29	0.086 - 0.80
前炉系	7	0.75	0.54	0.05 - 1.4	
密閉式溶解炉	2	1.14	0.37	0.77 - 1.5	
[精製工程]					
塩素系処理	3	3.10	2.04	1.1 - 5.9	
アルミニウム圧延業 (軽金属圧延工程)	[集合排ガス]	8	0.30	0.27	0.012 - 0.74
	[分流排ガス]				
	燃焼	3	0.19	0.18	0.038 - 0.44
	溶湯処理	3	0.40	0.19	0.21 - 0.66
	扉前集塵	2	0.05	0.04	0.014 - 0.086
(押出専用工程)	集合排ガス	3	0.02	0.02	0 - 0.042
電線・ケーブル製造業	シャフト炉	2	2.55	0.45	2.1 - 3
	反射炉	1	0.29	-	-
	DIP炉	1	0.0021	-	-
	アルミ溶解炉	2	0.18	0.15	0.029 - 0.33
アルミニウム鋳物・ダイカスト製造業	反射炉	4	0.16	0.23	0.0110 - 0.56
	るつぼ炉	1	0.0001	-	-
電気業 火力発電所	石炭	6	0.004	0.004	0 - 0.0092
	石油	5	0.003	0.004	0 - 0.0097
	LNG	3	0.0004	0.0003	0 - 0.0008

(注1): \*印は平成9年6月、その他は平成10年11月に報告された。

(注2): PCDD+PCDFの濃度はI-TEF(1988)で示した。

表3(4) 産業系発生源からのPCDD+PCDF排出実態調査結果  
(平成11年6月 通商産業省とりまとめ)

(単位: ng-TEQ/m<sup>3</sup>N)

業種名	排出形態等	調査数	平均	標準偏差	濃度範囲
製鋼用電気炉	総合排ガス	76	1.41	2.23	0.0010 - 11.0
鉄鋼業 焼結工程	総合排ガス	15	0.61	0.51	0.012 - 1.5
亜鉛回収業	総合排ガス	11	7.14	8.91	0.0 - 33
アルミ合金製造業	[前処理工程]	11			
	切り粉乾燥	8	2.02	2.20	0.12 - 5.4
	缶スクラップ選別	3	0.90	1.23	0.0198 - 2.3
	[溶解工程]				
	前炉付溶解炉	23			
	燃焼系	9	1.49	3.57	0.028 - 11
	前炉系	14	0.69	0.63	0.030 - 1.8
密閉式溶解炉	7	0.76	0.56	0.081 - 1.5	
[精製工程]					
塩素系処理	8	2.42	1.97	0.15 - 5.9	

(注1) PCDD+PCDFの濃度はI-TEF(1988)で示した。

(注2) 鉄鋼業焼結工程については、酸素濃度15%換算値である。

表3(5) 産業系発生源からのダイオキシン類排出実態調査結果  
(平成11年6月 通商産業省とりまとめ)

(1) 製鋼用電気炉

(単位: ng-TEQ/m<sup>3</sup>N)

物質名	調査数	平均	標準偏差	濃度範囲
コプラ-PCB	2	0.13	-	0.041 , 0.22
PCDD+PCDF	2	6.1	-	0.28 , 12
ダイオキシン類	2	6.3	-	0.32 , 12.22 <sup>注3</sup>

(注1) コプラ-PCBの濃度はWHO-TEF(1993)で示した。以下同じ。

(注2) PCDD+PCDFの濃度はI-TEF(1988)で示した。以下同じ。

(注3) なお、PCDD+PCDFについて、12ng-TEQ/m<sup>3</sup>Nの濃度となった測定対象については、事業者が別の分析機関に依頼して測定した結果によれば、通常この10分の1程度の値を示していた。

(2) 鉄鋼業焼結工程

(単位: ng-TEQ/m<sup>3</sup>N)

物質名	調査数	平均	標準偏差	濃度範囲
コプラ-PCB	9	0.054	0.05	0.0069 ~ 0.17
PCDD+PCDF	9	0.55	0.46	0.023 ~ 1.2
ダイオキシン類	9	0.60	0.49	0.041 ~ 1.3

(注) 酸素濃度15%換算値

(3) 亜鉛回収業

(単位：ng-TEQ/m<sup>3</sup><sub>N</sub>)

物質名	調査数	平均	標準偏差	濃度範囲
コプラ-PCB	10	0.51	0.39	0.13 ~ 1.3
PCDD + PCDF	10	5.2	5.37	1.8 ~ 20
ダイキシン類	10	5.7	5.31	2.0 ~ 20

(4) アルミニウム合金製造業

(単位：ng-TEQ/m<sup>3</sup><sub>N</sub>)

物質名	調査数	平均	標準偏差	濃度範囲
コプラ-PCB	20	0.035	0.059	0.000013 ~ 0.18
PCDD + PCDF	20	0.39	0.51	0.0053 ~ 1.8
ダイキシン類	20	0.42	0.56	0.0053 ~ 2.0

別表7 これまでの法規制について

1. 排ガス中のPCDD+PCDFに係る規制措置

PCDD+PCDFの主要発生源である廃棄物焼却炉等からの排出を規制するために、大気汚染防止法及び廃棄物処理法に基づく政省令等を改正。  
(平成9年8月29日公布、同年12月1日施行)

種類	施設規模	新設施設基準 H9.12-	既設施設基準		
			-H10.11	H10.12 - H14.11	H14.12-
廃棄物焼却炉	4t/h以上	0.1ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	基準の適用を 猶予	80 ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	1ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
	2t/h-4t/h	1ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>			5ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
	200kg/h- 2t/h	5ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>			10ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
製鋼用電気炉 変圧器の定格容量が 1,000kVA以上	0.5ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	5ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>			

(注) 排出基準値はPCDD+PCDFをI-TEF(1998)で換算した濃度である。

2. 廃棄物焼却炉のばいじん規制の強化

廃棄物焼却炉からのダイオキシン類の多くがばいじんに含有されていることも踏まえ、平成10年4月、廃棄物焼却炉に係るばいじん規制が大幅に強化。  
(平成10年4月10日公布、同年7月1日施行)

規制強化前			改正後		
排ガス量 (m <sup>3</sup> <sub>N</sub> /時)	排出基準		処理能力	新設 (H10.7-)	既設 (H12.4-)
	一般排出基準	特別排出基準 <sup>注2</sup>			
連続炉 4万以上	0.15	0.08	4t/時以上	0.04	0.08
4万未満	0.50	0.15	2-4t/時	0.08	0.15
連続炉以外	0.50	0.25	2t/時未満	0.15	0.25

(注1) 単位: g/m<sup>3</sup><sub>N</sub>

(注2) 地域を限って新設施設に適用される基準

別表 8 産業界の自主的な取り組みにおける P C D D + P C D F の排出濃度目標

対 象	新 設 施 設	既 設 施 設
製鋼用電気炉	目標値：0.5ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> （平成10年12月1日以降に設置の工事に着手したものに対して適用）	目標値：5 ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> （達成時期：平成14年11月30日） ．．．．． なお、平成11年度末までの達成目標は以下のとおり。 ．．．．． ・ 10ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> 以上の事業所 10未満に低減する。 ．．．．． ・ 5～10ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> 未満の事業所 5以下を目指し、できる限り低減する。 ．．．．． ・ 5 ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> 以下の事業所 一層の低減に努める。
鉄鋼業焼結工程	目標値：0.1ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> （平成10年12月1日以降に設置の工事に着手したものに対して適用）	目標値：1 ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> 現状でこの基準を下回る測定値を記録した施設においても、より一層の低減に努める。 （達成時期：平成14年12月1日）
亜鉛回収業	目標値：1 ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> （平成10年12月1日以降に設置の工事に着手したものに対して適用）	目標値：10ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> 現状でこの基準を下回る測定値を記録した施設においても、より一層の低減に努める。 （達成時期：平成14年12月1日）
アルミニウム合金製造業	目標値：1 ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> （平成11年12月1日以降に設置されるものに対して適用）	目標値：5 ng-TEQ/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> 現状でこの基準を下回る測定値を記録した施設においても、より一層の低減に努める。 （達成時期：平成13年10月1日）

（注）製鋼用電気炉については平成10年4月から、その他の3業種については平成11年10月から業界の自主的な取り組みが開始されている。

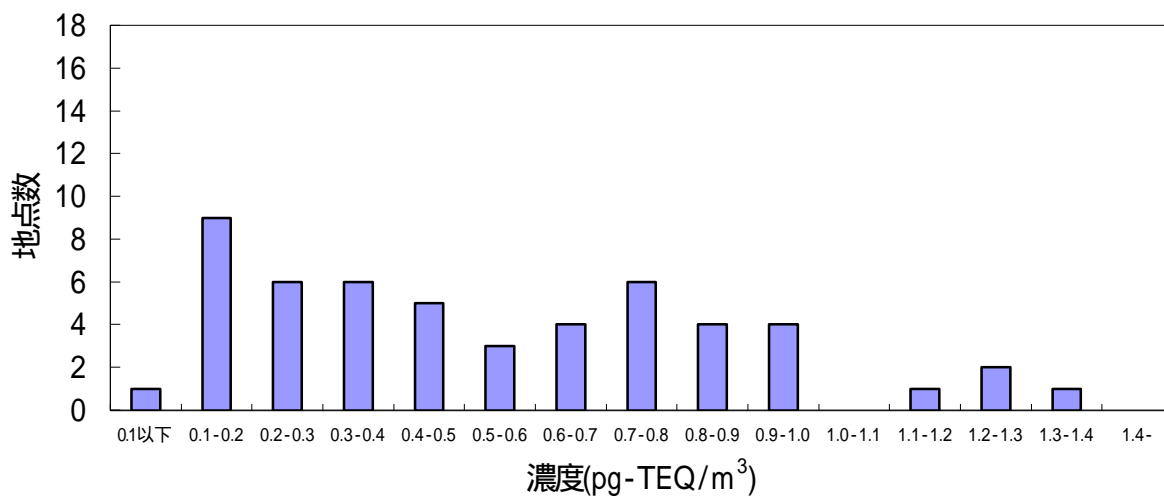
別表9 一般大気環境の継続測定地点におけるPCDD+PCDF濃度の推移

単位：pg-TEQ/m<sup>3</sup>

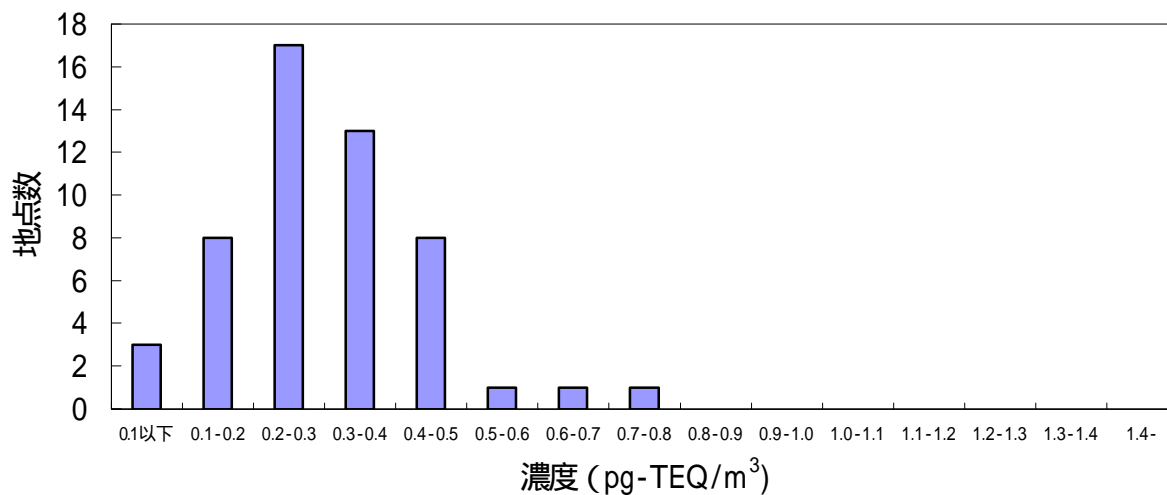
年度	地点数	検体数	平均値	中央値	最小値	最大値
平成9年度	52	139	0.56	0.50	0.010	1.4
平成10年度	52	220	0.31	0.29	0.010	0.71

(注) PCDD+PCDFの設定はI-TEF(1988)で示した。

(a) 平成9年度



(b) 平成10年度





別表10 廃棄物の減量化の目標量の概要(第5回ダイオキシン対策関係閣僚会議資料抜粋)

**一般廃棄物の減量化**

平成22年度には、人口が現状よりも1.5%増加し、実質国内総生産が年率2%の割合で増加すると見込まれるので、このままでは今後さらに排出量が増加すると考えられるところ、

- |                       |           |           |
|-----------------------|-----------|-----------|
| (1) 排出量を5%削減          | (53 百万トン  | 50 百万トン)  |
| (2) 再生利用量を10%から24%に増加 | (5.5 百万トン | 12 百万トン)  |
| (3) 最終処分量を半分に削減       | (13 百万トン  | 6.5 百万トン) |

**産業廃棄物の減量化**

実質国内総生産が今後年率2%の割合で増加すると見込まれるので、過去の傾向を基に試算すると、平成22年度の排出量は現状よりも17%増加すると予想される所、

- |                       |            |            |
|-----------------------|------------|------------|
| (1) 排出量の増加を13%に抑制     | (4 億26百万トン | 4 億80百万トン) |
| (2) 再生利用量を42%から48%に増加 | (1 億81百万トン | 2 億32百万トン) |
| (3) 最終処分量を半分に削減       | ( 60百万トン   | 31百万トン)    |

**[焼却量の削減]**

廃棄物の焼却量を次のとおり削減し、規制措置の徹底と併せて、廃棄物焼却施設からのダイオキシン類の排出を削減

- |                     |          |         |
|---------------------|----------|---------|
| (1) 一般廃棄物の焼却量を15%削減 | ( 40百万トン | 34百万トン) |
| (2) 産業廃棄物の焼却量を22%削減 | ( 18百万トン | 14百万トン) |

一般廃棄物の減量化の目標量

(百万トン/年)

年 度	平成 8	平成 1 7	平成 2 2
排出量	5 3	5 2	5 0
再生利用量	5 . 5	1 0	1 2
中間処理による減量	3 4	3 4	3 2
最終処分量	1 3	7 . 7	6 . 5
(参考) 焼却量	4 0	3 7	3 4

産業廃棄物の減量化の目標量

(百万トン/年)

年 度	平成 8	平成 1 7	平成 2 2
排出量	4 2 6	4 6 0	4 8 0
再生利用量	1 8 1	2 1 9	2 3 2
中間処理による減量	1 8 5	2 0 2	2 1 6
最終処分量	6 0	3 9	3 1
(参考) 焼却量	1 8	1 4	1 4

(注 1) 小数点以下の数字を四捨五入しているため、合計が合わない場合がある。

(注 2) 再生利用には、次のようなものがある。

- ・再度原料として使用 (ガラス、紙、金属くず等)
- ・他の用途への利用 (食品廃棄物の堆肥化、鋳さいを路盤材として使用等)

(注 3) 中間処理による減量とは、脱水、焼却等によって減少した量。