

## 付 記 - 1

### 臭素系難燃物質排出調査結果

## 臭素系難燃物質排出実態調査結果

### 1 調査目的

臭素系難燃物質は、それ自体は臭素系ダイオキシン類ではないが、臭素系ダイオキシン類の発生に当たり、臭素の供給源となりうる物質であり、また周辺環境中における工場からの排出との関連を考察する上での指標物質となることから、本編における臭素系ダイオキシン類等の排出実態調査とあわせて調査を行い、その排出実態等を把握することを目的とする。

### 2 調査概要

#### (1) 調査対象施設

本編と同じの難燃プラスチック製造工場 9 施設及び家電リサイクル工場 7 施設を調査対象とした。

#### (2) 調査媒体

##### 1) 調査対象施設関連項目

排出ガス

排水

建屋内濃度（家電リサイクル工場のみ）

##### 2) 調査対象施設の周辺環境関連項目

環境大気

降下ばいじん

公共用水域水質

底質

#### (3) 分析項目

##### 1) ポリ臭素化ジフェニルエーテル(PBDEs)

MoBDEs, DiBDEs, TrBDEs, TeBDEs, PeBDEs, HxBDEs, HpBDEs, OBDEs, NoBDEs, DeBDE

##### 2) 四臭素化ビスフェノール A (TBBPA)

### 3 分析方法

本編の 4 の分析方法により抽出液を作成し、図-1 の PBDEs・TBBPA 分析フローにより測定を行った。

(1) 分析フロー

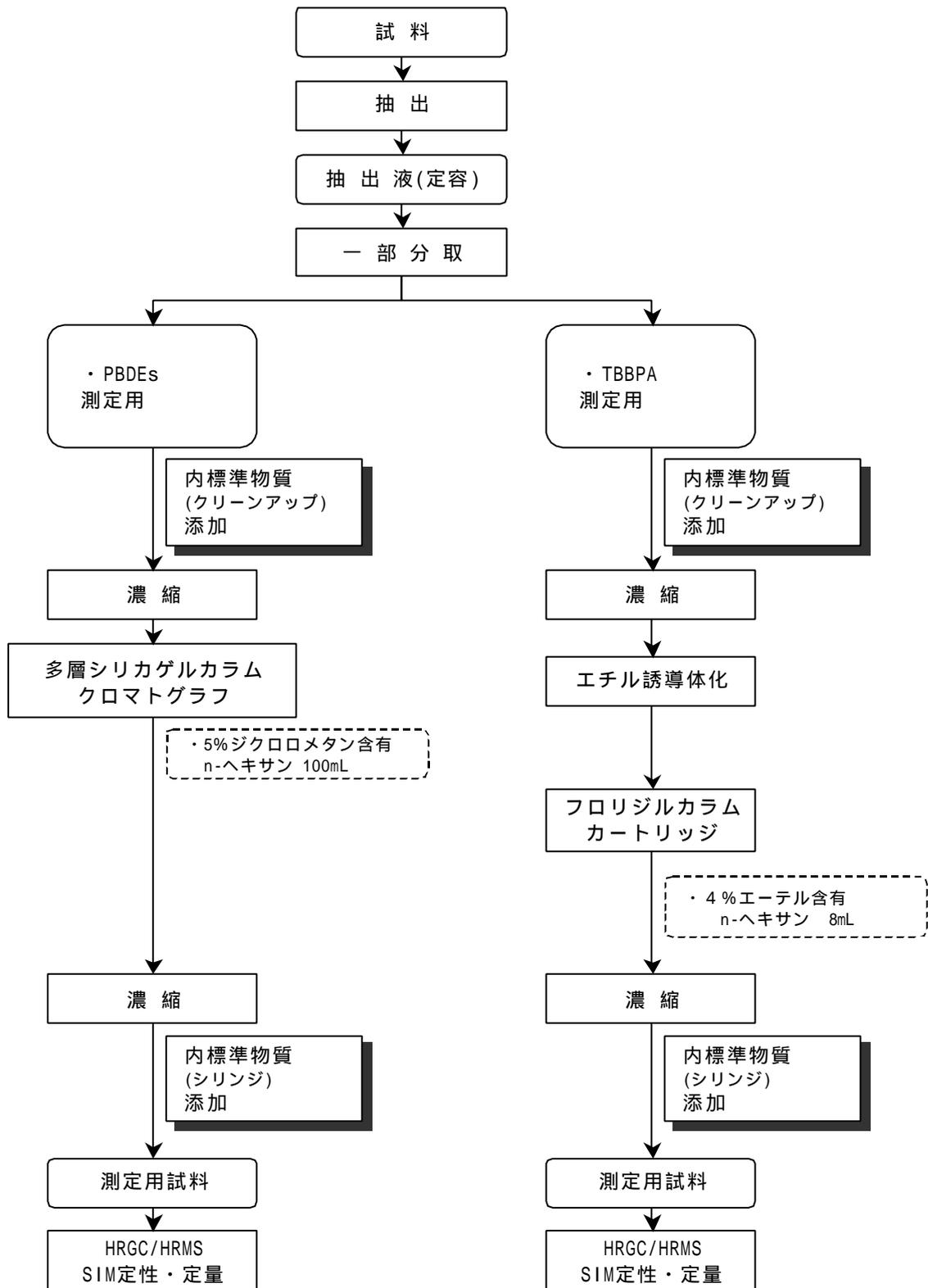


図-1 PBDEs・TBBPA 分析フロー

(2) GC/MS分析条件

ポリ臭素化ジフェニルエーテル(PBDEs)

1) 分析装置

GC: HP-6890(Agilent 社製)

MS: Autospec ULTIMA(Micromass 社製)、JMS-700 MStation(日本電子社製)

2) GC部条件

1 ~ 6(7)臭素化体

a.分離カラム: DB-17HT(J&W 社製)

fused silica capillary column 30m × 0.25mm(id) × 0.15 μ m

カラム温度: 90 (2min hold) 10 /min 190 5 /min 280 (33min hold) 10 /min 310 (14min hold)

b.分離カラム: Ultra-2(HP 社製)

fused silica capillary column 25m × 0.32mm(id) × 0.17 μ m

カラム温度: 90 (2min hold) 15 /min 165 5 /min 300 20 /min 340 (2min hold)

7(8) ~ 10 臭素化体

a.分離カラム: DB-5MS(J&W 社製)

fused silica capillary column 15m × 0.25mm(id) × 0.10 μ m

カラム温度: 170 (1min hold) 15 /min 260 10 /min 310 (8min hold)

b.分離カラム: Quadrex MS

fused silica capillary column 15m × 0.25mm(id) × 0.10 μ m

カラム温度: 120 (2min hold) 20 /min 220 (1min hold) 5 /min 300 (1min hold)

・ 注入方法 : スプリットレス法

3) MS部条件

MS 設定条件及び設定質量数を表-1 ~ 表-3 に示す。

表-1 MS 設定条件

イオン化方法	E I
イオン化電圧	35 V, 36 V, 38V
イオン化電流	500 μ A, 600 μ A
加速電圧	8kv, 10kv
インターフェース温度	250 ,280 ,300
イオン源温度	250 ,280 ,300
分解能	10,000 以上

表-2 設定質量数

	M <sup>+</sup>	(M+2) <sup>+</sup>	(M+4) <sup>+</sup>	(M+6) <sup>+</sup>	(M+8) <sup>+</sup>	(M+10) <sup>+</sup>
MoBDEs	247.9837	249.9816				
DiBDEs	325.8942	327.8921				
TrBDEs		405.8027	407.8006			
TeBDEs		483.7132	485.7111			
PeBDEs			563.6216	565.6196		
HxBDEs			641.5321	643.5301		
HpBDEs				721.4406	723.4386	
OBDEs	(M+6) <sup>+</sup> 641.5145		(M+8) <sup>+</sup> 643.5125	801.3491	803.3471	
NoBDEs	(M+8) <sup>+</sup> 719.4250		(M+10) <sup>+</sup> 721.4230	879.2596	881.2576	
DeBDE	(M+8) <sup>+</sup> 797.3355		(M+10) <sup>+</sup> 799.3335	957.1701	959.1681	

表-3 設定質量数(内標準)

	M <sup>+</sup>	(M+2) <sup>+</sup>	(M+4) <sup>+</sup>	(M+6) <sup>+</sup>	(M+8) <sup>+</sup>	(M+10) <sup>+</sup>
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -MoBDEs	260.0239	262.0219				
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -DiBDEs	337.9344	339.9324				
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -TrBDEs		417.8429	419.8409			
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -TeBDEs		495.7534	497.7514			
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PeBDEs			575.6619	577.6599		
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -HxBDEs			653.5724	655.5704		
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -HpBDEs				733.4809	735.4789	
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -DeBDE	(M+8) <sup>+</sup> 809.3757		(M+10) <sup>+</sup> 811.3737		969.2104	971.2084

設定質量数：上記質量数以外にフラグメントイオンでの測定も行う場合がある。

四臭素化ビスフェノールA(TBBPA)

1) 分析装置

GC: HP-5890(Agilent 社製)

MS: Autospec ULTIMA(Micromass 社製)、JMS-700 MStation(日本電子社製)  
5973(Agilent 社製)

2) GC 部条件

a. 分離カラム：HP-5MS(HP 社製)

fused silica capillary column 30m × 0.25mm(id) × 0.25 μ m

カラム温度：120 (1min hold) 30 /min 300 (15min hold)

b. 分離カラム：DB-5(J&W 社製)

fused silica capillary column 30m × 0.25mm(id) × 0.25 μ m

カラム温度：120 (1min hold) 30 /min 300 (8min hold)

・注入方法：スプリットレス法

3) MS 部条件

MS 設定条件及び設定質量数を表-4～表-6 に示す。

表-4 MS 設定条件

イオン化方法	E I
イオン化電圧	38 V, 70eV
イオン化電流	600 μ A
加速電圧	8kv
インターフェース温度	280
イオン源温度	230 ,280
分解能	10,000 以上

表-5 設定質量数

	(M+2) <sup>+</sup>	(M+4) <sup>+</sup>	(M+6) <sup>+</sup>
TBBPA(注)	526.7316	528.7295	530.7275
TBBPA	541.7550	543.7530	545.7510

表-6 設定質量数(内標準)

	(M+2) <sup>+</sup>	(M+4) <sup>+</sup>	(M+6) <sup>+</sup>
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -TBBPA	538.7719	540.7698	542.7678

(注) フラグメントイオン

(3) 検出下限値

表-7 臭素化ジフェニルエーテルの検出下限値

	排出ガス	排水	建屋内濃度	環境大気	降下 ばいじん	公共用水 域水質	底質
	ng/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	ng/L	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>2</sup> /day	ng/L	ng/g
MoBDEs	0.04	0.002	0.0005	0.0001	0.02	0.001	0.0009
DiBDEs	0.04	0.002	0.0005	0.0001	0.02	0.001	0.0009
TriBDEs	0.04	0.002	0.0005	0.0001	0.02	0.001	0.0009
TeBDEs	0.04	0.002	0.0005	0.0001	0.02	0.001	0.0009
PeBDEs	0.04	0.002	0.0005	0.0001	0.02	0.001	0.0009
HxBDEs	0.07	0.003	0.001	0.0002	0.04	0.002	0.002
HpBDEs	0.07	0.003	0.001	0.0002	0.04	0.002	0.002
OBDEs	0.07	0.003	0.001	0.0002	0.04	0.002	0.002
DBDE	0.2	0.007	0.002	0.0004	0.09	0.006	0.004

表-8 4臭素化ビスフェノールAの検出下限値

	排出ガス	排水	建屋内濃度	環境大気	降下 ばいじん	公共用水 域水質	底質
	ng/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	ng/L	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>2</sup> /day	ng/L	ng/g
TBBPA	0.2	0.01	0.002	0.0004	0.08	0.01	0.004

注1) 検出下限値は、試料量等により異なる場合がある。

#### 4 臭素系難燃物質調査結果（総括表）

##### 1) 難燃プラスチック製造工場及び家電リサイクル工場

###### 排出ガス

###### a. 難燃プラスチック製造工場

表-9 排出ガス中のPBDEs及びTBBPAの分析結果

濃度 (ng/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	P-1施設		P-2施設		P-3施設	
	押出機出口	総合排出口	押出機出口	総合排出口	押出機出口	総合排出口
PBDEs	41	230	170	41	33	5.4
TBBPA	540	62000	4400	20	880	3.1

濃度 (ng/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	A-1施設	A-2施設		A-3施設	
	押出機出口	押出機出口	総合排出口	押出機出口	総合排出口
PBDEs	120	27	140	22	1.0
TBBPA	350000	11000	7500	3500	860

濃度 (ng/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	E-1施設	E-2施設	E-3施設
	総合排出口	総合排出口	総合排出口
PBDEs	-	-	-
TBBPA	-	-	-

###### b. 家電リサイクル工場

表-10 排出ガス中のPBDEs及びTBBPAの分析結果

濃度 (ng/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	R-1施設	R-2施設	R-3施設	R-4施設	R-5施設	R-6施設
	破砕機出口	破砕機出口	破砕機出口	破砕機出口	破砕機出口	破砕機出口
PBDEs	3.9	16	30	110	1400	970
TBBPA	13	33	300	43	120	270

濃度 (ng/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	R-7施設
	破砕機出口
PBDEs	24
TBBPA	14

注1) - は、施設の構造上、測定ができなかった。

注2) P-1及びA-1施設は、同一施設であり、A-1施設の総合排出口は、PS生産ライン及びABS生産ラインの集合排出口である。

排水水

a. 難燃プラスチック製造工場

表-11 排水水中のPBDEs及びTBBPAの分析結果

濃度 (ng/L)	P-1施設			P-2施設		
	冷却槽出口	真空ポンプ出口	総合排水出口	冷却槽出口	冷水塔出口	ブランク水
PBDEs	81	270	1900	270	110	190
TBBPA	950	3700	37000	340	6.7	220

濃度 (ng/L)	P-3施設				
	冷却槽出口	真空ポンプ出口	装置集合	総合排水出口	ブランク水
PBDEs	0.85	3.9	3.5	1.1	ND
TBBPA	23	13	140	9.4	ND

濃度 (ng/L)	A-1施設		A-2施設		
	冷却槽出口	真空ポンプ出口	冷却槽出口	雑排水	ブランク水
PBDEs	58	29	150	7600	ND
TBBPA	2200	12000	400	220000	ND

濃度 (ng/L)	A-3施設			
	冷却槽出口	真空ポンプ出口	総合排水出口	ブランク水
PBDEs	400	370	2.2	19
TBBPA	530	4600	2000	300

濃度 (ng/L)	E-1施設		E-2施設		E-3施設	
	総合排水出口	ブランク水	総合排水出口	ブランク水	オイルパレット出口	ブランク水
PBDEs	0.15	ND	13	ND	16	0.70
TBBPA	180	ND	390	ND	6000	0.73

b. 家電リサイクル工場

表-12 排水水中のPBDEs及びTBBPAの分析結果

濃度 (ng/L)	R-1施設	R-2施設	R-3施設	R-4施設	R-5施設	R-6施設
	工程水	雑排水	雑排水	雑排水	雑排水	雑排水
PBDEs	190000	600	420	110	180	530
TBBPA	25000	1500	230	18	130	200

濃度 (ng/L)	R-7施設
	雑排水
PBDEs	1800
TBBPA	2600

注3) P-1及びA-1施設は、同一施設であり、A-1施設の総合排水出口は、PS生産ライン及びABS生産ラインの集合排水口である。

建屋内濃度

家電リサイクル工場

表-13 建屋内濃度中のPBDEs及びTBBPAの分析結果

濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	R-1施設		R-2施設		R-4施設	
	テレビ手解体場	テレビ手解体場	テレビ手解体場	テレビ手解体場	テレビ手解体場	テレビ手解体場
PBDEs	89	3300	1800	4000	2300	
TBBPA	14	93	9.0	250	76	

濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	R-5施設		R-6施設		R-7施設	
	テレビ手解体場	テレビ手解体場	テレビ手解体場	テレビ手解体場	テレビ手解体場	テレビ手解体場
PBDEs	510	6700	290	19000	340	
TBBPA	33	2.3	30	43	58	

2) 周辺環境  
環境大気

a. 難燃プラスチック製造工場周辺

表-14 環境大気中のPBDEs及びTBBPAの分析結果

濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	P-1/A-1施設周辺	P-2施設周辺	P-3施設周辺	A-2施設周辺	A-3施設周辺
PBDEs	42	7.4	0.061	0.58	0.52
TBBPA	10	0.64	0.17	10	6.4

濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	E-1施設周辺	E-2施設周辺	E-3施設周辺
PBDEs	0.032	0.36	0.20
TBBPA	0.12	5.5	5.8

b. 家電リサイクル工場周辺

表-15 環境大気中のPBDEs及びTBBPAの分析結果

濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	R-1施設周辺	R-2施設周辺	R-3施設周辺	R-4施設周辺	R-5施設周辺	R-6施設周辺
PBDEs	0.58	0.61	0.51	3.3	0.44	1.1
TBBPA	0.23	0.24	0.16	1.1	0.13	0.17

濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	R-7施設周辺
PBDEs	0.89
TBBPA	0.31

降下ばいじん

a. 難燃プラスチック製造工場周辺

表-16 降下ばいじん中のPBDEs及びTBBPAの分析結果

濃度 (ng/m <sup>2</sup> /day)	P-1/A-1施設周辺	P-2施設周辺	P-3施設周辺	A-2施設周辺	A-3施設周辺
PBDEs	2200	29000	100	3500	2300
TBBPA	2500	480	210	2200	2600

濃度 (ng/m <sup>2</sup> /day)	E-2施設周辺	E-3施設周辺
PBDEs	680	690
TBBPA	3300	3000

b. 家電リサイクル工場周辺

表-17 降下ばいじん中のPBDEs及びTBBPAの分析結果

濃度 (ng/m <sup>2</sup> /day)	R-1施設周辺	R-2施設周辺	R-3施設周辺	R-4施設周辺	R-5施設周辺	R-6施設周辺
PBDEs	630	510	630	22000	670	3800
TBBPA	590	740	370	1400	130	1700

濃度 (ng/m <sup>2</sup> /day)	R-7施設周辺
PBDEs	570
TBBPA	620

公共用水域水質

a. 難燃プラスチック製造工場周辺

表-18 公共用水域水質中のPBDEs及びTBBPAの分析結果

濃度 (ng/L)	P-1/A-1施設周辺		P-3施設周辺		A-3施設周辺	
	河川 (上流)	河川 (下流)	海域 (排水口付近)	海域 (排水口付近)	海域	
PBDEs	1.2	0.81	0.40	0.53	0.36	
TBBPA	3.5	1.7	0.52	62	2.4	

濃度 (ng/L)	E-1施設周辺		E-2施設周辺		E-3施設周辺	
	海域 (排水口付近)	海域	海域 (排水口付近)	海域	海域 (排水口付近)	海域
PBDEs	0.44	0.44	0.92	0.84	83	27
TBBPA	0.40	0.22	22	0.80	11	4.1

b. 家電リサイクル工場周辺

表-19 公共用水域水質中のPBDEs及びTBBPAの分析結果

濃度 (ng/L)	R-3施設周辺		R-5施設周辺		R-7施設周辺	
	河川 (上流)	河川 (下流)	河川 (下流)	河川 (上流)	河川 (下流)	
PBDEs	0.52	0.46	27	13	3.4	
TBBPA	0.24	0.44	9.3	2.1	0.37	

底質

a. 難燃プラスチック製造工場周辺

表-20 底質中のPBDEs及びTBBPAの分析結果

濃度 (ng/g-dry)	P-1/A-1施設周辺		P-3施設周辺		A-3施設周辺	
	河川 (上流)	河川 (下流)	海域 (排水口付近)	海域 (排水口付近)	海域	
PBDEs	0.69	0.48	5.1	300	16	
TBBPA	0.51	0.020	0.70	66	4.7	

濃度 (ng/g-dry)	E-1施設周辺		E-2施設周辺		E-3施設周辺	
	海域 (排水口付近)	海域	海域 (排水口付近)	海域	海域 (排水口付近)	海域
PBDEs	5.9	140	390	520	370	280
TBBPA	3.6	2.2	7.6	0.42	0.57	0.66

b. 家電リサイクル工場周辺

表-21 底質中のPBDEs及びTBBPAの分析結果

濃度 (ng/g-dry)	R-3施設周辺		R-5施設周辺		R-7施設周辺	
	河川 (上流)	河川 (下流)	河川 (下流)	河川 (上流)	河川 (下流)	
PBDEs	0.041	0.19	10	49	96	
TBBPA	0.052	0.037	13	1.6	6.6	

## 5 まとめ

### (1) 難燃プラスチック製造工場及び家電リサイクル工場

#### 排出ガス

PBDEs について、PS 製造施設では、総合排出口が平均 92ng/m<sup>3</sup>N(5.4 ~ 230ng/m<sup>3</sup>N)、押出機出口が平均 81ng/m<sup>3</sup>N(33 ~ 170ng/m<sup>3</sup>N)であった。

ABS 製造施設では、総合排出口が平均 70ng/m<sup>3</sup>N(1 及び 140ng/m<sup>3</sup>N)、押出機出口が平均 56ng/m<sup>3</sup>N(22 ~ 120ng/m<sup>3</sup>N)であった。

家電リサイクル施設では、破砕機出口が平均 360ng/m<sup>3</sup>N(3.9 ~ 1,400ng/m<sup>3</sup>N)であった。

同族体パターンは、全体的には DeBDE の比率が高く、PS 製造施設では、DiBDEs、ABS 製造施設では、OBDEs の比率が高い箇所があった。また、家電リサイクル施設では、MoBDEs の比率が高い箇所があった(図-2)。

TBBPA について、PS 製造施設では、総合排出口が平均 210,000ng/m<sup>3</sup>N(3.1 ~ 620,000ng/m<sup>3</sup>N)、押出機出口が平均 1,900ng/m<sup>3</sup>N(540 ~ 4,400ng/m<sup>3</sup>N)であった。

ABS 製造施設では、総合排出口が平均 4,200ng/m<sup>3</sup>N(860 及び 7,500ng/m<sup>3</sup>N)、押出機出口が平均 120,000ng/m<sup>3</sup>N(3,500 ~ 350,000ng/m<sup>3</sup>N)であった。

家電リサイクル施設では、破砕機出口が平均 110ng/m<sup>3</sup>N(13 ~ 300ng/m<sup>3</sup>N)であった。

#### 排水

PBDEs について、PS 製造施設では、総合排水出口が平均 950ng/L(1.1 及び 1,900ng/L)、冷却槽出口が平均 120ng/L(0.85 ~ 270 ng/L)、真空ポンプ出口が平均 140ng/L(3.9 及び 270ng/L)、冷却塔出口が 110ng/L、装置集合が 3.5ng/L であった。

ABS 製造施設では、総合排水出口が 2.2 ng/L、冷却槽出口が平均 200ng/L( 58 ~ 400 ng/L )、真空ポンプ出口が平均 200ng/L(29 及び 370ng/L)、雑排水が 7,600ng/L であった。

エポキシ製造施設では、総合排水出口及びオイルセパレーター出口が平均 9.7ng/L(0.15 ~ 16 ng/L)であった。

家電リサイクル施設では、工程水が 190,000ng/L、雑排水が平均 600ng/L(110 ~ 1,800 ng/L)であった。

同族体パターンは、全体的には DeBDE の比率が高く、PS 製造施設では、OBDEs、ABS 製造施設では、OBDEs、HpBDEs の比率が高い箇所があった(図-3)。

TBBPA について、PS 製造施設では、総合排水出口が平均 19,000ng/L(9.4 及び 37,000ng/L)、冷却槽出口が平均 440ng/L(23 ~ 950 ng/L)、真空ポンプ出口が平均 1,900ng/L(13 及び 3,700ng/L)、冷却塔出口が 6.7ng/L、装置集合が 140ng/L であった。

ABS 製造施設では、総合排水出口が平均 20,000 ng/L(2,000 及び 37,000ng/L)、冷却槽出口が平均 1,000ng/L(400 ~ 2,200ng/L)、真空ポンプ出口が平均 8,300ng/L(4,600 及び 12,000ng/L)、雑排水が 220,000ng/L であった。

エポキシ製造施設では、総合排水出口及びオイルセパレーター出口が平均 2,200ng/L(180 ~ 6,000 ng/L)であった。

家電リサイクル施設では、工程水が 25,000ng/L、雑排水が平均 780ng/L(18 ~ 2,600

ng/L)であった。

#### 建屋内濃度(家電リサイクル工場)

PBDEs について、テレビ手解体場では、平均 1,400 ng/m<sup>3</sup>(89 ~ 4,000ng/m<sup>3</sup>)、テレビ破碎集塵機周辺では、平均 7,400 ng/m<sup>3</sup>(1,800 ~ 19,000ng/m<sup>3</sup>)であった。

同族体パターンは、全体的には DeBDE の比率が高く、その他 OBDEs、HpBDEs の比率が高い箇所があった(図-4)。

TBBPA について、テレビ手解体場では、平均 80ng/m<sup>3</sup>(14 ~ 250ng/m<sup>3</sup>)、テレビ破碎集塵機周辺では、平均 33 ng/m<sup>3</sup>(2.3 ~ 76ng/m<sup>3</sup>)であった。

## (2) 周辺環境

### 環境大気

PBDEs について、PS 製造施設周辺では、平均 16ng/m<sup>3</sup>(0.061 ~ 42ng/ m<sup>3</sup>)、ABS 製造施設周辺では、平均 14ng/m<sup>3</sup>(0.52 ~ 42ng/m<sup>3</sup>)、エポキシ製造施設周辺では、平均 0.20ng/m<sup>3</sup>(0.032 ~ 0.36ng/ m<sup>3</sup>)であった。

家電リサイクル施設周辺では、平均 1.1ng/m<sup>3</sup>(0.51 ~ 3.3ng/ m<sup>3</sup>)であった。

同族体パターンは、全体的には DeBDE の比率が高かったが、PS 製造施設周辺では、OBDEs、HpBDEs、家電リサイクル施設周辺では、HpBDEs の比率が高い箇所があった(図-5)。

TBBPA について、PS 製造施設周辺では、平均 3.6ng/m<sup>3</sup>(0.17 ~ 10ng/m<sup>3</sup>)、ABS 製造施設周辺では、平均 8.8ng/m<sup>3</sup>(6.4 ~ 10ng/m<sup>3</sup>)、エポキシ製造施設周辺では、平均 3.8ng/m<sup>3</sup>(0.12 ~ 5.8ng/ m<sup>3</sup>)であった。

家電リサイクル施設周辺では、平均 0.33ng/m<sup>3</sup>(0.13 ~ 1.1ng/ m<sup>3</sup>)であった。

### 降下ばいじん

PBDEs について、PS 製造施設周辺では、平均 10,000ng/m<sup>2</sup>/day(100 ~ 29,000 ng/m<sup>2</sup>/day)、ABS 製造施設周辺では、平均 2,700 ng/m<sup>2</sup>/day(2,200 ~ 3,500ng/m<sup>2</sup>/day)、エポキシ製造施設周辺では、平均 680ng/m<sup>2</sup>/day(680 及び 690ng/m<sup>2</sup>/day)であった。

家電リサイクル施設の周辺では、平均 4,100ng/m<sup>2</sup>/day(510 ~ 22,000 ng/m<sup>2</sup>/day)であった。

同族体パターンは、全体的には DeBDE の比率が高かったが、PS 製造施設周辺では、OBDEs、HpBDEs の比率が高い箇所があった(図-6)。

TBBPA について、PS 製造施設周辺では、平均 1,100ng/m<sup>2</sup>/day(210 ~ 2,500 ng/m<sup>2</sup>/day)、ABS 製造施設周辺では、平均 2,400ng/m<sup>2</sup>/day(2,200 ~ 2,600ng/m<sup>2</sup>/day)、エポキシ製造施設周辺では、平均 3,200ng/m<sup>2</sup>/day(3,000 及び 3,300ng/m<sup>2</sup>/day)であった。

家電リサイクル施設の周辺では、平均 790ng/m<sup>2</sup>/day(130 ~ 1,700ng/m<sup>2</sup>/day)であった。

#### 公共用水域水質

PBDEs について、PS 製造施設周辺では、河川で平均 1.0ng/L(0.81 及び 1.2ng/L)、海域(排水口付近)で 0.40 ng/L、ABS 製造施設周辺では、河川で平均 1.0ng/L(0.81 及び 1.2ng/L)、海域(排水口付近)で 0.53 ng/L、海域で 0.36 ng/L、エポキシ製造施設周辺では、海域(排水口付近)で平均 28 ng/L(0.44 ~ 83ng/L)、海域で平均 9.4ng/L(0.44 ~ 27ng/L)であった。

家電リサイクル施設周辺では、河川で平均 8.9ng/L(0.46 ~ 27ng/L)であった。

同族体パターンは、全体的には DeBDE の比率が高かったが、PS 製造施設周辺及び家電リサイクル施設周辺では、OBDEs の比率が高い箇所があった(図-7)。

TBBPA については、PS 製造施設周辺では、河川で平均 2.6ng/L(1.7 及び 3.5ng/L)、海域(排水口付近)で 0.52 ng/L、ABS 製造施設周辺では、河川で平均で 2.6ng/L(1.7 及び 3.5ng/L)、海域(排水口付近)で 62 ng/L、海域で 2.4 ng/L、エポキシ製造施設周辺では、海域(排水口付近)で平均 11ng/L(0.40 ~ 22ng/L)、海域で平均 1.7ng/L(0.22 ~ 4.1ng/L)であった。

家電リサイクル施設周辺では、平均 2.5ng/L(0.24 ~ 9.3ng/L)であった。

#### 底質

PBDEs について、PS 製造施設周辺では、河川で平均 0.59ng/g(0.48 及び 0.69ng/g)、海域(排水口付近)で 5.1 ng/g、ABS 製造施設周辺では、河川で平均 0.59ng/g(0.48 ~ 0.69ng/g)、海域(排水口付近)で 300 ng/g、海域で 16 ng/g、エポキシ製造施設周辺では、海域(排水口付近)で平均 260ng/g(5.9 ~ 390ng/g)、海域で平均 310ng/g(140 ~ 520ng/g)であった。

家電リサイクル施設周辺では、河川で平均 31ng/g(0.041 ~ 96ng/g)であった。

同族体パターンは、全体的には DeBDE の比率が高かったが、PS 製造施設周辺では、OBDEs、家電リサイクル施設周辺では、NoBDEs、OBDEs の比率が高い箇所があった(図-8)。

TBBPA については、PS 製造施設周辺では、河川で平均 0.27ng/g(0.020 及び 0.51ng/g)、海域(排水口付近)で 0.70ng/g、ABS 製造施設周辺では、河川で平均 0.27ng/g(0.020 及び 0.51ng/g)、海域(排水口付近)で 66ng/g、海域で 4.7ng/g、エポキシ製造施設周辺では、海域(排水口付近)で平均 3.9ng/g(0.57 ~ 7.6ng/g)、海域で平均 1.1ng/g(0.42 ~ 2.2ng/g)であった。

家電リサイクル施設周辺では、平均 4.3 ng/g(0.037 ~ 13ng/g)であった。

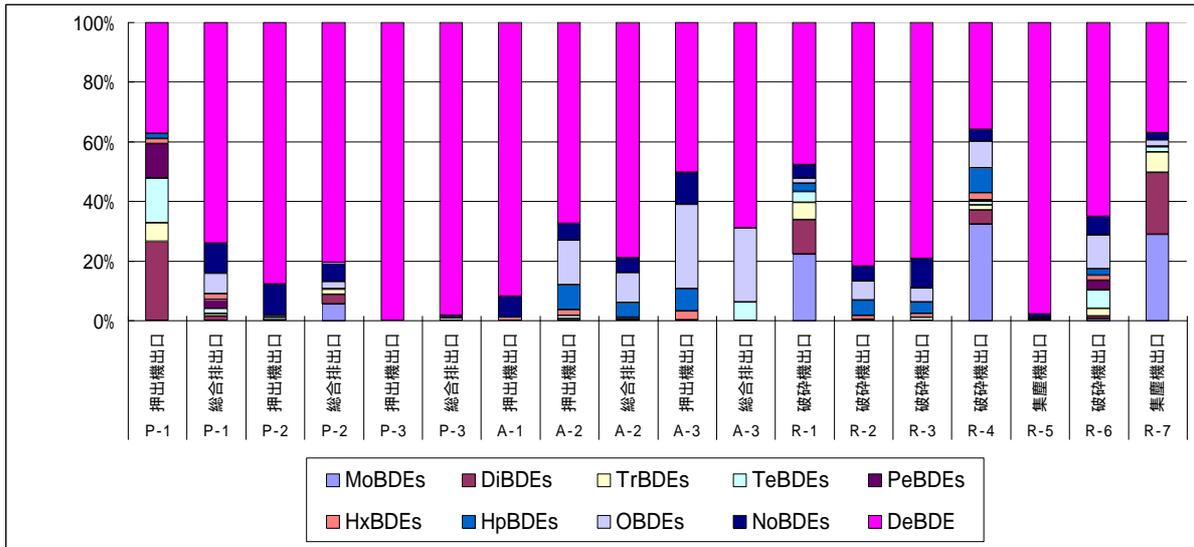


図-2 PBDEs排出ガス同族体組成

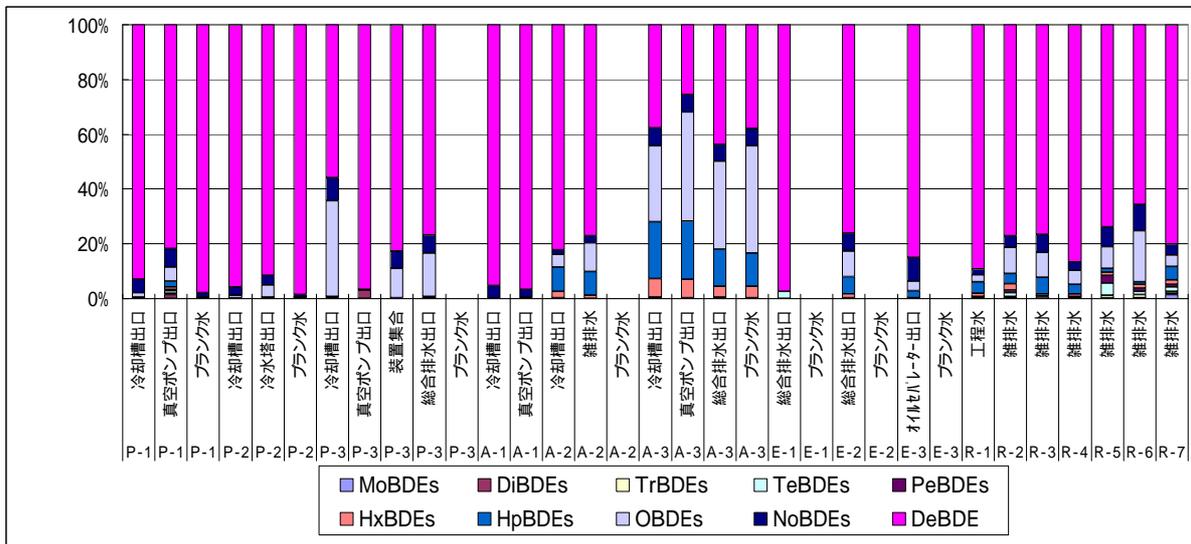


図-3 PBDEs排水同族体組成

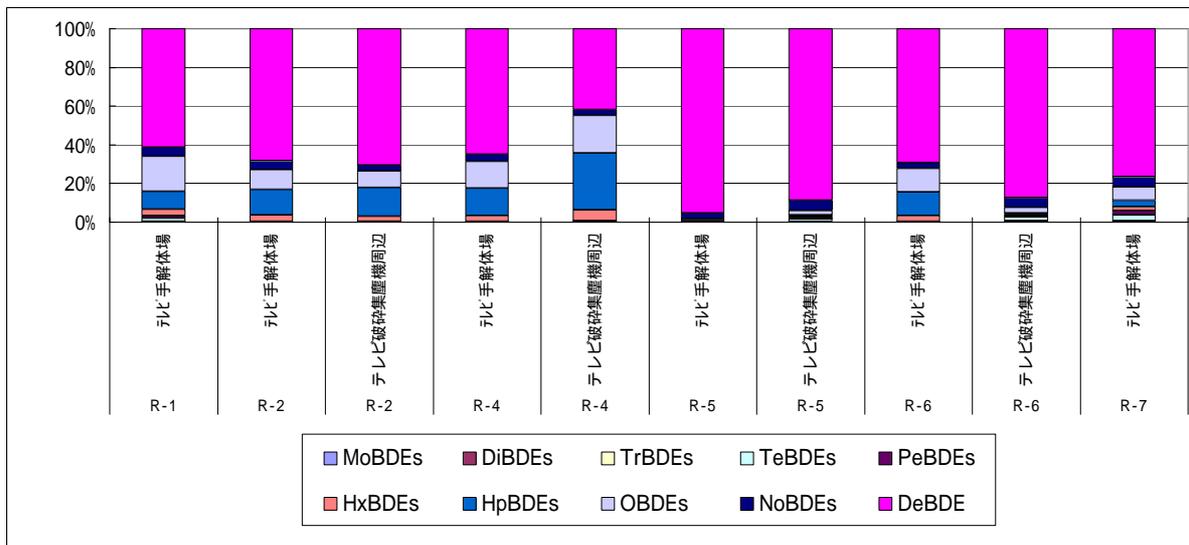


図-4 PBDEs建屋内濃度同族体組成

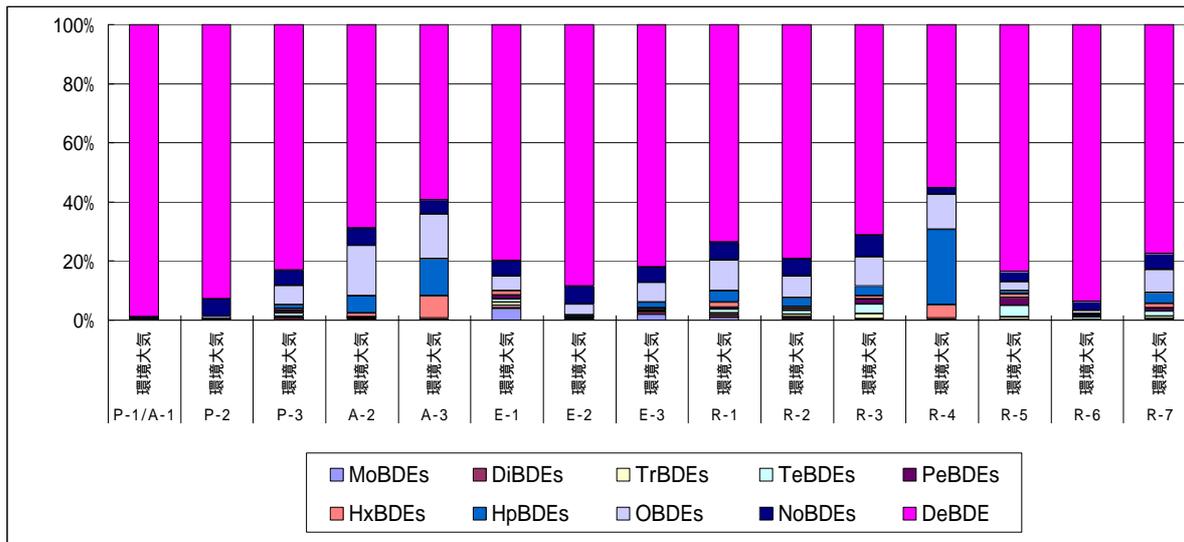


図-5 PBDEs環境大気同族体組成

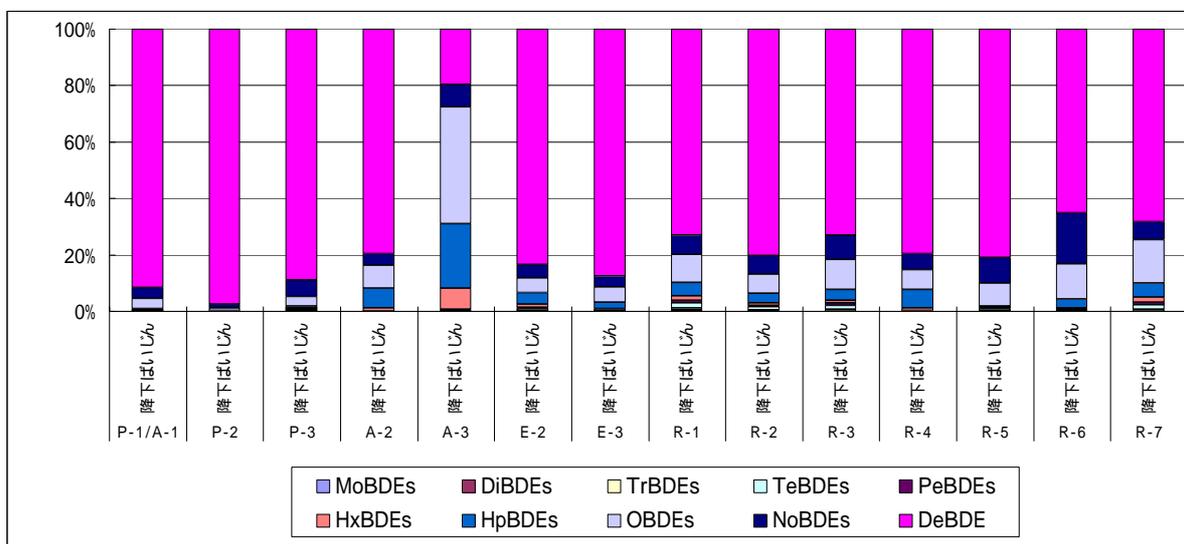


図-6 PBDEs降下ばいじん同族体組成

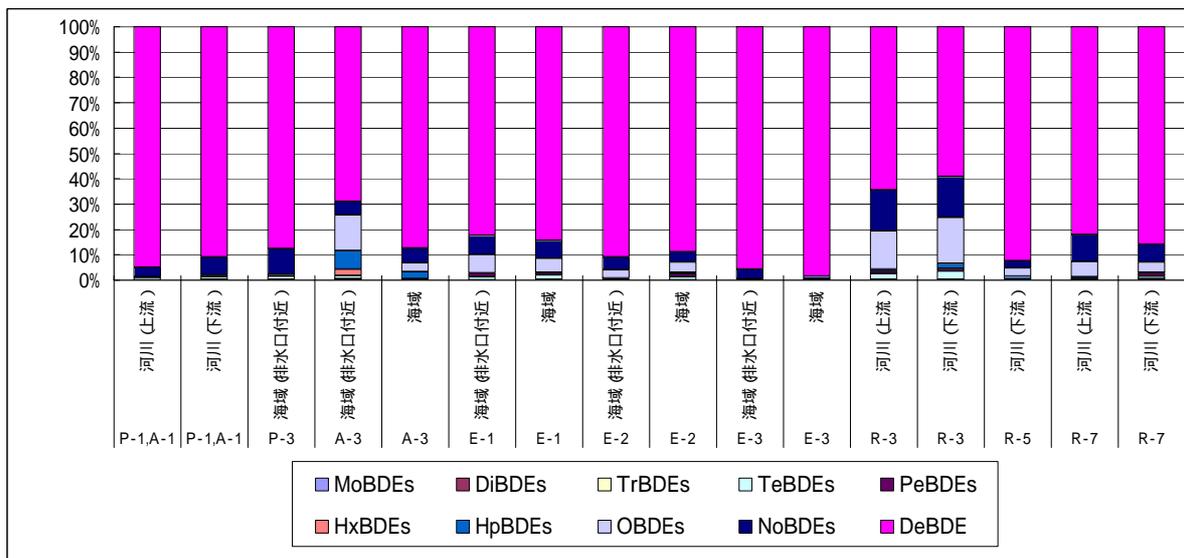


図-7 PBDEs公共用水域水質同族体組成

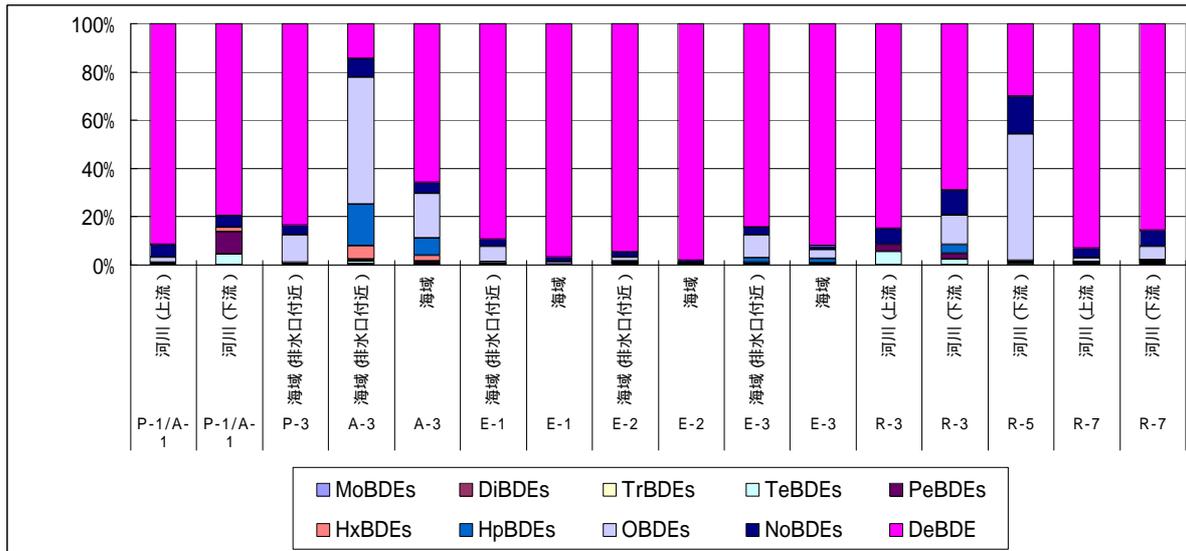


图-8 PBDEs底質同族体組成

6 調査結果（個別結果）

排出ガス

a. 難燃プラスチック製造工場

表-22 排出ガス中のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	P-1施設		P-2施設		P-3施設	
	押出機出口	総合排出口	押出機出口	総合排出口	押出機出口	総合排出口
MoBDEs	ND	ND	ND	2.3	ND	ND
DiBDEs	ND	3.3	0.38	1.3	ND	ND
TrBDEs	ND	2.2	ND	0.69	ND	ND
TeBDEs	ND	4.0	1.3	0.055	ND	0.044
PeBDEs	ND	6.7	1.1	ND	ND	0.048
HxBDEs	0.40	4.2	ND	ND	ND	ND
HpBDEs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
OBDEs	ND	16	ND	1.0	ND	ND
NoBDEs	3.0	23	18	2.6	ND	ND
DeBDE	38	170	150	33	33	5.3
Total PBDEs	41	230	170	41	33	5.4

表-23 排出ガス中のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	A-1施設	A-2施設		A-3施設	
	押出機出口	押出機出口	総合排出口	押出機出口	総合排出口
MoBDEs	ND	ND	ND	ND	ND
DiBDEs	32	0.19	0.17	ND	ND
TrBDEs	7.6	ND	0.18	ND	ND
TeBDEs	18	0.24	0.072	0.060	0.064
PeBDEs	14	0.044	0.042	ND	ND
HxBDEs	2.1	0.51	1.1	0.66	ND
HpBDEs	2.1	2.2	6.8	1.6	ND
OBDEs	ND	4.0	14	6.2	0.26
NoBDEs	ND	1.5	7.0	2.3	ND
DeBDE	45	18	110	11	0.72
Total PBDEs	120	27	140	22	1.0

b. 家電リサイクル工場

表-24 排出ガス中のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	R-1施設	R-2施設	R-3施設	R-4施設
	破砕機出口	破砕機出口	破砕機出口	破砕機出口
MoBDEs	0.89	ND	ND	34
DiBDEs	0.46	ND	ND	5.1
TrBDEs	0.23	ND	ND	1.7
TeBDEs	0.14	0.055	0.30	1.5
PeBDEs	ND	ND	ND	0.50
HxBDEs	ND	0.23	0.40	2.3
HpBDEs	0.11	0.82	1.2	8.8
OBDEs	0.071	1.0	1.4	9.5
NoBDEs	0.18	0.78	3.0	4.1
DeBDE	1.9	13	24	38
Total PBDEs	3.9	16	30	110

表-25 排出ガス中のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	R-5施設	R-6施設	R-7施設
	破砕機出口	破砕機出口	破砕機出口
MoBDEs	ND	6.0	6.8
DiBDEs	ND	8.0	4.9
TrBDEs	0.076	25	1.6
TeBDEs	0.56	60	0.42
PeBDEs	0.25	31	0.043
HxBDEs	1.5	18	ND
HpBDEs	7.1	20	ND
OBDEs	4.3	110	0.49
NoBDEs	17	59	0.59
DeBDE	1400	630	8.7
Total PBDEs	1400	970	24

a. 難燃プラスチック製造工場

表-26 排出ガス中のTBBPA分析結果

実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	P-1施設		P-2施設		P-3施設	
	押出機出口	総合排出口	押出機出口	総合排出口	押出機出口	総合排出口
TBBPA	540	620000	4400	20	880	3.1

実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	A-1施設	A-2施設		A-3施設	
	押出機出口	押出機出口	総合排出口	押出機出口	総合排出口
TBBPA	350000	11000	7500	3500	860

b. 家電リサイクル工場

表-27 排出ガス中のTBBPA分析結果

実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	R-1施設	R-2施設	R-3施設	R-4施設
	破碎機出口	破碎機出口	破碎機出口	破碎機出口
TBBPA	13	33	300	43

実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	R-5施設	R-6施設	R-7施設
	破碎機出口	破碎機出口	破碎機出口
TBBPA	120	270	14

排水水

a. 難燃プラスチック製造工場

表-28 排水水のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/L)	P-1施設			P-2施設		
	冷却槽出口	真空ポンプ出口	総合排水出口	冷却槽出口	冷水塔出口	排水水
MoBDEs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
DiBDEs	ND	ND	ND	0.018	0.016	0.0061
TriBDEs	ND	ND	ND	0.036	0.036	0.038
TeBDEs	ND	0.050	0.21	0.081	0.079	0.079
PeBDEs	ND	ND	0.48	0.047	0.076	0.052
HxBDEs	ND	ND	0.90	0.10	0.12	0.17
HpBDEs	ND	ND	0.94	0.46	0.23	0.26
OBDEs	ND	1.0	5.9	2.7	4.7	0.40
NoBDEs	3.8	8.0	32	8.1	3.8	1.6
DeBDE	77	260	1900	260	99	180
Total PBDEs	81	270	1900	270	110	190

表-29 排水水のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/L)	P-3施設				
	冷却槽出口	真空ポンプ出口	装置集合	総合排水出口	排水水
MoBDEs	ND	ND	ND	ND	ND
DiBDEs	0.0032	0.12	ND	0.0030	ND
TriBDEs	ND	ND	ND	ND	ND
TeBDEs	0.0032	0.0086	0.0067	0.0055	ND
PeBDEs	ND	ND	ND	ND	ND
HxBDEs	ND	ND	ND	ND	ND
HpBDEs	ND	ND	ND	ND	ND
OBDEs	0.30	ND	0.38	0.17	ND
NoBDEs	0.070	ND	0.22	0.072	ND
DeBDE	0.48	3.8	2.9	0.83	ND
Total PBDEs	0.85	3.9	3.5	1.1	ND

表-30 排出水のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/L)	A-1施設		A-2施設		
	冷却槽出口	真空ポンプ出口	冷却槽出口	雑排水	ブランク水
MoBDEs	ND	ND	ND	0.15	ND
DiBDEs	ND	0.43	0.0057	0.23	ND
TrBDEs	ND	0.14	0.019	0.33	ND
TeBDEs	0.080	0.23	0.067	0.98	ND
PeBDEs	ND	0.15	0.11	2.7	ND
HxBDEs	ND	0.27	3.5	80	ND
HpBDEs	0.23	0.61	13	660	ND
OBDEs	0.88	1.5	6.9	810	ND
NoBDEs	2.8	2.0	2.2	200	ND
DeBDE	54	24	120	5900	ND
Total PBDEs	58	29	150	7600	ND

表-31 排出水のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/L)	A-3施設			
	冷却槽出口	真空ポンプ出口	総合排水出口	ブランク水
MoBDEs	ND	ND	ND	ND
DiBDEs	0.018	0.029	ND	ND
TrBDEs	0.077	0.027	ND	0.0045
TeBDEs	0.33	0.22	0.0037	0.0081
PeBDEs	1.0	0.70	0.0053	0.046
HxBDEs	27	25	0.089	0.75
HpBDEs	83	80	0.29	2.3
OBDEs	110	150	0.70	7.3
NoBDEs	26	24	0.13	1.2
DeBDE	150	96	0.95	7.1
Total PBDEs	400	370	2.2	19

表-32 排出水のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/L)	E-1施設		E-2施設		E-3施設	
	総合排水出口	ブランク水	総合排水出口	ブランク水	オイルパレター出口	ブランク水
MoBDEs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
DiBDEs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
TrBDEs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
TeBDEs	0.0038	ND	0.018	ND	ND	ND
PeBDEs	ND	ND	0.017	ND	ND	ND
HxBDEs	ND	ND	0.18	ND	0.050	ND
HpBDEs	ND	ND	0.78	ND	0.40	ND
OBDEs	ND	ND	1.2	ND	0.60	ND
NoBDEs	ND	ND	0.84	ND	1.4	ND
DeBDE	0.14	ND	9.7	ND	14	0.70
Total PBDEs	0.15	ND	13	ND	16	0.70

b. 家電リサイクル工場

表-33 排出水中のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/L)	R-1施設	R-2施設	R-3施設	R-4施設	R-5施設	R-6施設
	工程水	雑排水	雑排水	雑排水	雑排水	雑排水
MoBDEs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
DiBDEs	70	1.3	ND	0.012	0.23	1.1
TrBDEs	260	3.3	0.36	0.099	2.0	6.9
TeBDEs	750	7.8	2.3	0.39	7.5	6.2
PeBDEs	430	6.2	1.7	0.33	5.1	5.1
HxBDEs	2000	13	2.6	0.96	2.2	7.9
HpBDEs	7900	22	25	3.9	2.1	5.0
OBDEs	4900	57	38	6.0	14	100
NoBDEs	4000	26	27	3.2	13	51
DeBDE	170000	460	320	98	130	350
Total PBDEs	190000	600	420	110	180	530

表-34 排出水中のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/L)	R-7施設
	雑排水
MoBDEs	23
DiBDEs	8.7
TrBDEs	11
TeBDEs	32
PeBDEs	15
HxBDEs	30
HpBDEs	82
OBDEs	75
NoBDEs	67
DeBDE	1400
Total PBDEs	1800

a. 難燃プラスチック製造工場

表-35 排出水中のTBBPA分析結果

実測濃度 (ng/L)	P-1施設			P-2施設		
	冷却槽出口	真空ポンプ出口	総合排水出口	冷却槽出口	冷水塔出口	ブランク水
TBBPA	950	3700	37000	340	6.7	220

実測濃度 (ng/L)	P-3施設				
	冷却槽出口	真空ポンプ出口	装置集合	総合排水出口	ブランク水
TBBPA	23	13	140	9.4	ND

実測濃度 (ng/L)	A-1施設		A-2施設		
	冷却槽出口	真空ポンプ出口	冷却槽出口	雑排水	ブランク水
TBBPA	2200	12000	400	220000	ND

実測濃度 (ng/L)	A-3施設			
	冷却槽出口	真空ポンプ出口	総合排水出口	ブランク水
TBBPA	530	4600	2000	300

実測濃度 (ng/L)	E-1施設		E-2施設		E-3施設	
	総合排水出口	ブランク水	総合排水出口	ブランク水	オイルセパレーター出口	ブランク水
TBBPA	180	ND	390	ND	6000	0.73

b. 家電リサイクル工場

表-36 排出水中のTBBPA分析結果

実測濃度 (ng/L)	R-1施設	R-2施設	R-3施設	R-4施設
	工程水	雑排水	雑排水	雑排水
TBBPA	25000	1500	230	18

実測濃度 (ng/L)	R-5施設	R-6施設	R-7施設
	雑排水	雑排水	雑排水
TBBPA	130	200	2600

建屋内濃度

家電リサイクル工場

表-37 建屋内濃度中のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	R-1施設	R-2施設		R-4施設	
	テレビ手解体場	テレビ手解体場	テレビ破碎集塵機周辺	テレビ手解体場	テレビ破碎集塵機周辺
MoBDEs	0.035	0.095	0.083	0.25	0.79
DiBDEs	0.058	0.21	0.21	0.24	0.60
TrBDEs	0.35	0.73	0.56	2.1	1.2
TeBDEs	1.4	2.5	2.1	10	3.1
PeBDEs	1.1	3.5	2.4	10	3.0
HxBDEs	2.9	95	58	230	68
HpBDEs	8.5	480	230	1200	330
OBDEs	16	280	180	780	320
NoBDEs	4.3	100	79	130	86
DeBDE	55	2300	1200	1700	1500
Total PBDEs	89	3300	1800	4000	2300

表-38 建屋内濃度中のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	R-5施設		R-6施設		R-7施設
	元比' 手解体場	元比' 破碎集塵機周辺	元比' 手解体場	元比' 破碎集塵機周辺	元比' 手解体場
MoBDEs	0.023	0.15	0.023	0.025	0.085
DiBDEs	0.18	0.60	0.18	0.078	0.24
TrBDEs	1.4	3.0	1.5	0.31	2.4
TeBDEs	6.1	12	6.1	19	10
PeBDEs	5.0	6.9	1.3	22	7.9
HxBDEs	3.8	6.0	2.2	550	6.8
HpBDEs	2.1	25	1.5	2300	11
OBDEs	12	68	9.2	2300	23
NoBDEs	27	200	14	570	18
DeBDE	450	6400	250	13000	260
Total PBDEs	510	6700	290	19000	340

b. 家電リサイクル工場

表-39 建屋内濃度中のTBBPA分析結果

実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	R-1施設	R-2施設		R-4施設	
	テレビ手解体場	テレビ手解体場	テレビ破碎集塵機周辺	テレビ手解体場	テレビ破碎集塵機周辺
TBBPA	14	93	9.0	250	76

実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	R-5施設		R-6施設		R-7施設
	テレビ手解体場	テレビ破碎集塵機周辺	テレビ手解体場	テレビ破碎集塵機周辺	テレビ手解体場
TBBPA	33	2.3	30	43	58

環境大気  
a. 難燃プラスチック製造工場

表-40 環境大気中のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	P-1/A-1 施設周辺	P-2施設周辺	P-3施設周辺	A-2施設周辺	A-3施設周辺
MoBDEs	ND	0.0044	ND	0.0018	ND
DiBDEs	0.0016	0.0048	0.00054	0.0013	0.00034
TrBDEs	0.0034	0.0039	0.00028	0.00046	0.00011
TeBDEs	0.0045	0.0018	0.00067	0.0017	0.00065
PeBDEs	0.0058	0.0016	0.00052	0.0015	0.0022
HxBDEs	0.017	0.0047	0.00032	0.0070	0.040
HpBDEs	0.027	0.012	0.00091	0.034	0.065
OBDEs	0.14	0.066	0.0039	0.099	0.079
NoBDEs	0.43	0.27	0.0032	0.034	0.024
DeBDE	41	7.0	0.051	0.40	0.31
Total PBDEs	42	7.4	0.061	0.58	0.52

表-41 環境大気中のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	E-1施設周辺	E-2施設周辺	E-3施設周辺
MoBDEs	0.0013	ND	0.0037
DiBDEs	0.00030	0.00028	0.0019
TrBDEs	0.00038	0.00038	0.00052
TeBDEs	0.00032	0.0013	0.00040
PeBDEs	0.00047	0.00081	0.00019
HxBDEs	0.00050	0.00083	0.0012
HpBDEs	ND	0.0026	0.0040
OBDEs	0.0016	0.013	0.013
NoBDEs	0.0017	0.022	0.010
DeBDE	0.026	0.32	0.16
Total PBDEs	0.032	0.36	0.20

b. 家電リサイクル工場

表-42 環境大気中のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	R-1施設周辺	R-2施設周辺	R-3施設周辺	R-4施設周辺
MoBDEs	0.0056	0.0020	ND	0.0044
DiBDEs	0.0041	0.0045	0.0026	0.0024
TrBDEs	0.0044	0.0056	0.0080	0.0023
TeBDEs	0.0068	0.0074	0.017	0.0050
PeBDEs	0.0046	0.0035	0.0086	0.0046
HxBDEs	0.0099	0.0041	0.0052	0.15
HpBDEs	0.023	0.018	0.016	0.83
OBDEs	0.060	0.045	0.051	0.39
NoBDEs	0.036	0.035	0.037	0.071
DeBDE	0.43	0.48	0.36	1.8
Total PBDEs	0.58	0.61	0.51	3.3

表-43 環境大気中のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	R-5施設周辺	R-6施設周辺	R-7施設周辺
MoBDEs	ND	ND	0.0018
DiBDEs	0.00073	0.00057	0.0029
TrBDEs	0.0037	0.0020	0.0075
TeBDEs	0.018	0.0088	0.015
PeBDEs	0.011	0.0059	0.0092
HxBDEs	0.0062	0.0025	0.013
HpBDEs	0.0044	0.0028	0.034
OBDEs	0.013	0.011	0.068
NoBDEs	0.016	0.033	0.048
DeBDE	0.37	0.99	0.69
Total PBDEs	0.44	1.1	0.89

a. 難燃プラスチック製造工場

表-44 環境大気中のTBBPA分析結果

実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	P-1/A-1 施設周辺	P-2施設周辺	P-3施設周辺	A-2施設周辺	A-3施設周辺
TBBPA	10	0.64	0.17	10	6.4

実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	E-1施設周辺	E-2施設周辺	E-3施設周辺
TBBPA	0.12	5.5	5.8

b. 家電リサイクル工場

表-45 環境大気中のTBBPA分析結果

実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	R-1施設周辺	R-2施設周辺	R-3施設周辺	R-4施設周辺
TBBPA	0.23	0.24	0.16	1.1

実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	R-5施設周辺	R-6施設周辺	R-7施設周辺
TBBPA	0.13	0.17	0.31

降下ばいじん  
a. 難燃プラスチック製造工場

表-46 降下ばいじん中のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/m <sup>2</sup> /day)	P-1/A-1 施設周辺	P-2施設周辺	P-3施設周辺	A-2施設周辺	A-3施設周辺
MoBDEs	ND	ND	ND	ND	ND
DiBDEs	0.27	0.79	0.15	0.44	0.16
TrBDEs	0.62	3.8	0.31	0.68	0.50
TeBDEs	1.7	2.4	0.33	0.83	3.1
PeBDEs	1.8	3.2	0.23	1.4	10
HxBDEs	3.8	11	0.23	39	170
HpBDEs	14	29	0.61	240	520
OBDEs	76	270	3.6	290	940
NoBDEs	83	390	6.2	140	180
DeBDE	2000	28000	93	2800	450
Total PBDEs	2200	29000	100	3500	2300

表-47 降下ばいじん中のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/m <sup>2</sup> /day)	E-2施設周辺	E-3施設周辺
MoBDEs	ND	ND
DiBDEs	0.37	0.98
TrBDEs	1.5	0.25
TeBDEs	4.5	0.33
PeBDEs	3.1	0.26
HxBDEs	7.1	4.3
HpBDEs	28	15
OBDEs	35	38
NoBDEs	33	26
DeBDE	570	600
Total PBDEs	680	690

b. 家電リサイクル工場

表-48 降下ばいじん中のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/m <sup>2</sup> /day)	R-1施設周辺	R-2施設周辺	R-3施設周辺	R-4施設周辺
MoBDEs	0.52	ND	ND	0.13
DiBDEs	1.7	0.48	0.69	1.5
TrBDEs	4.9	2.1	3.7	5.2
TeBDEs	11	5.6	8.9	13
PeBDEs	5.6	2.7	5.0	11
HxBDEs	11	4.4	6.6	230
HpBDEs	30	17	24	1400
OBDEs	62	35	66	1500
NoBDEs	42	33	54	1200
DeBDE	460	410	460	17000
Total PBDEs	630	510	630	22000

表-49 降下ばいじん中のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/m <sup>2</sup> /day)	R-5施設周辺	R-6施設周辺	R-7施設周辺
MoBDEs	ND	ND	ND
DiBDEs	0.33	1.1	0.37
TrBDEs	1.7	7.2	3.3
TeBDEs	4.2	21	9.9
PeBDEs	2.0	9.5	5.1
HxBDEs	1.1	2.6	9.6
HpBDEs	2.1	120	28
OBDEs	55	480	88
NoBDEs	61	690	37
DeBDE	540	2500	390
Total PBDEs	670	3800	570

a. 難燃プラスチック製造工場

表-50 降下ばいじん中のTBBPA分析結果

実測濃度 (ng/m <sup>2</sup> /day)	P-1/A-1 施設周辺	P-2施設周辺	P-3施設周辺	A-2施設周辺	A-3施設周辺
TBBPA	2500	480	210	2200	2600

実測濃度 (ng/m <sup>2</sup> /day)	E-2施設周辺	E-3施設周辺
TBBPA	3300	3000

b. 家電リサイクル工場

表-51 降下ばいじん中のTBBPA分析結果

実測濃度 (ng/m <sup>2</sup> /day)	R-1施設周辺	R-2施設周辺	R-3施設周辺	R-4施設周辺
TBBPA	590	740	370	1400

実測濃度 (ng/m <sup>2</sup> /day)	R-5施設周辺	R-6施設周辺	R-7施設周辺
TBBPA	130	1700	620

公共用水域水質  
a. 難燃プラスチック製造工場

表-52 公共用水域水質中のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/L)	P-1/A-1施設		P-3施設	A-3施設	
	河川 (上流)	河川 (下流)	海域 (排水口付近)	海域 (排水口付近)	海域
MoBDEs	ND	ND	ND	ND	ND
DiBDEs	ND	ND	ND	0.0012	ND
TrBDEs	0.0012	0.0013	0.0011	0.0012	ND
TeBDEs	0.0092	0.0089	0.0053	0.0065	0.0022
PeBDEs	0.0052	0.0070	0.0022	ND	ND
HxBDEs	ND	ND	ND	0.014	ND
HpBDEs	ND	ND	ND	0.037	0.0092
OBDEs	ND	ND	ND	0.074	0.013
NoBDEs	0.044	0.057	0.041	0.028	0.020
DeBDE	1.1	0.74	0.35	0.36	0.31
Total PBDEs	1.2	0.81	0.40	0.53	0.36

表-53 公共用水域水質中のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/L)	E-1施設		E-2施設		E-3施設	
	海域 (排水口付近)	海域	海域 (排水口付近)	海域	海域 (排水口付近)	海域
MoBDEs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
DiBDEs	ND	ND	ND	ND	0.0049	0.0073
TrBDEs	ND	0.0016	ND	ND	0.0012	0.0012
TeBDEs	0.0050	0.0075	0.0042	0.011	0.0062	0.0091
PeBDEs	0.0073	0.0040	0.0019	0.0098	0.0044	0.0056
HxBDEs	ND	ND	ND	0.0045	0.0080	0.0042
HpBDEs	ND	ND	ND	ND	0.022	0.0076
OBDEs	0.032	0.024	0.032	0.035	0.38	0.058
NoBDEs	0.033	0.031	0.045	0.032	3.0	0.34
DeBDE	0.36	0.37	0.84	0.75	79	27
Total PBDEs	0.44	0.44	0.92	0.84	83	27

b. 家電リサイクル工場

表-54 公共用水域水質中のPBDEs分析結果

実測濃度(ng/L)	R-3施設		R-5施設	R-7施設	
	河川(上流)	河川(下流)	河川(下流)	河川(上流)	河川(下流)
MoBDEs	ND	ND	ND	ND	ND
DiBDEs	ND	ND	ND	0.023	0.010
TrBDEs	0.0016	0.0016	0.0034	0.0066	0.0096
TeBDEs	0.012	0.014	0.022	0.023	0.037
PeBDEs	0.0050	0.0056	0.013	0.017	0.036
HxBDEs	ND	ND	0.061	0.0099	0.0089
HpBDEs	0.0042	0.0084	0.33	0.076	0.0054
OBDEs	0.080	0.083	0.86	0.82	0.14
NoBDEs	0.084	0.074	0.74	1.4	0.25
DeBDE	0.34	0.27	25	11	3.0
Total PBDEs	0.52	0.46	27	13	3.4

a. 難燃プラスチック製造工場

表-55 公共用水域水質中のTBBPA分析結果

実測濃度 (ng/L)	P-1/A-1施設		P-3施設	A-3施設	
	河川 (上流)	河川 (下流)	海域 (排水口付近)	海域 (排水口付近)	海域
TBBPA	3.5	1.7	0.52	62	2.4

実測濃度 (ng/L)	E-1施設		E-2施設		E-3施設	
	海域 (排水口付近)	海域	海域 (排水口付近)	海域	海域 (排水口付近)	海域
TBBPA	0.40	0.22	22	0.80	11	4.1

b. 家電リサイクル工場

表-56 公共用水域水質中のTBBPA分析結果

実測濃度 (ng/L)	R-3施設		R-5施設	R-7施設	
	河川 (上流)	河川 (下流)	河川 (下流)	河川 (上流)	河川 (下流)
TBBPA	0.24	0.44	9.3	2.1	0.37

底質  
a. 難燃プラスチック製造工場

表-57 底質中のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/g-dry)	P-1/A-1施設		P-3施設	A-3施設	
	河川 (上流)	河川 (下流)	海域 (排水口付近)	海域 (排水口付近)	海域
MoBDEs	ND	ND	0.010	0.43	ND
DiBDEs	ND	ND	0.0056	0.44	0.010
TrBDEs	ND	ND	0.0034	0.69	0.030
TeBDEs	0.0035	0.021	0.014	3.0	0.099
PeBDEs	0.0036	0.044	0.0081	2.7	0.092
HxBDEs	ND	0.010	0.0057	17	0.37
HpBDEs	ND	ND	0.010	52	1.1
OBDEs	0.015	ND	0.58	160	2.8
NoBDEs	0.037	0.022	0.20	23	0.68
DeBDE	0.63	0.38	4.3	44	10
Total PBDEs	0.69	0.48	5.1	300	16

表-58 底質中のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/g-dry)	E-1施設		E-2施設		E-3施設	
	海域 (排水口付近)	海域	海域 (排水口付近)	海域	海域 (排水口付近)	海域
MoBDEs	ND	0.034	0.58	0.27	0.39	0.10
DiBDEs	0.0033	0.032	0.42	0.12	0.44	0.15
TrBDEs	ND	0.030	0.37	0.15	0.19	0.13
TeBDEs	ND	0.092	0.75	0.77	0.81	0.42
PeBDEs	0.0048	0.11	0.63	0.38	0.67	0.32
HxBDEs	0.023	ND	0.89	0.43	1.7	0.96
HpBDEs	0.051	ND	2.2	0.42	6.9	5.3
OBDEs	0.38	1.3	6.9	1.3	35	10
NoBDEs	0.17	2.6	7.7	5.8	11	3.8
DeBDE	5.3	130	370	510	310	250
Total PBDEs	5.9	140	390	520	370	280

b. 家電リサイクル工場

表-59 底質中のPBDEs分析結果

実測濃度 (ng/g-dry)	R-3施設		R-5施設	R-7施設	
	河川 (上流)	河川 (下流)	河川 (下流)	河川 (上流)	河川 (下流)
MoBDEs	ND	ND	ND	0.017	0.11
DiBDEs	ND	ND	ND	0.087	0.31
TrBDEs	ND	ND	ND	0.054	0.31
TeBDEs	0.0023	0.0046	0.086	0.13	0.44
PeBDEs	0.0012	0.0043	0.039	0.10	0.38
HxBDEs	ND	ND	0.034	0.083	0.23
HpBDEs	ND	0.0071	0.030	0.17	0.28
OBDEs	ND	0.023	5.4	0.85	5.3
NoBDEs	0.0027	0.019	1.6	1.9	6.4
DeBDE	0.035	0.13	3.1	46	82
Total PBDEs	0.041	0.19	10	49	96

a. 難燃プラスチック製造工場

表-60 底質中のTBBPA分析結果

実測濃度 (ng/g-dry)	P-1/A-1施設		P-3施設	A-3施設	
	河川 (上流)	河川 (下流)	海域 (排水口付近)	海域 (排水口付近)	海域
TBBPA	0.51	0.020	0.70	66	4.7

実測濃度 (ng/g-dry)	E-1施設		E-2施設		E-3施設	
	海域 (排水口付近)	海域	海域 (排水口付近)	海域	海域 (排水口付近)	海域
TBBPA	3.6	2.2	7.6	0.42	0.57	0.66

b. 家電リサイクル工場

表-61 底質中のTBBPA分析結果

実測濃度 (ng/g-dry)	R-3施設		R-5施設	R-7施設	
	河川 (上流)	河川 (下流)	河川 (下流)	河川 (上流)	河川 (下流)
TBBPA	0.052	0.037	13	1.6	6.6

## 参考 1

### ポリ臭素化ジフェニルエーテル類(PBDEs)の毒性について

IPCS「環境保健クライテリア 162 臭素化ジフェニルエーテル」(1994)より

#### ・デカブロモジフェニルエーテル(DeBDE)

##### 1. 実験用哺乳類および *in vitro*(試験管内)試験系への影響

実験動物に対する DeBDE の急性毒性は低い。本物質はウサギの皮膚および眼に対する刺激物質ではない。また、これはウサギの皮膚に対し塩素ざ瘡(にきび)(クローラクネ)を発生させず、ヒトの皮膚の感作(訳者注：過敏状態の誘発)物質でもない。

DeBDE と  $Sb_2O_3$  を含む難燃性ポリスチレンの燃焼生成物について、急性毒性と面皰発症性(訳者注：にきびを発生させる特性)が試験された。その煤(すす)と炭化物(char)によるラットの経口試験結果、 $LD_{50}$ (50%致死量)は 2,000mg/kg 体重以上であった。

ラットおよびマウスの短期毒性研究において、DeBDE(純度 97%以上)を食餌中 100g/kg(4週間)および 50 g/kg(13週間、ラットについては 2,500 mg/kg 体重に相当)与えた場合、有害な影響の誘発はなかった。100mg/kg 体重を投与したラットの 1 世代生殖試験においては有害影響は示されなかった。DeBDE は、100mg/kg 体重の投与により、ラットの胎児にいかなる催奇形性をも示すことはなかった。100mg/kg 体重の用量では骨形成作用の遅滞のような奇形が認められた。DeBDE は多数の試験において変異原性を示すことはなかった。

ラットおよびマウスにおける発がん性試験において、DeBDE(純度 94 ~ 99%)が食餌中に 50g/kg までの用量濃度が投与された。25g/kg の DeBDE を与えられたオスのラットおよび 50g/kg を投与されたメスのラットの肝臓において、腺腫(がん腫ではない)の発生率の増加が見出された。オスのマウスでは肝細胞腺腫および/またはがん腫(複合の)の発生の増加が 25g/kg において、また双方の用量レベルで甲状腺胞状細胞腺腫/がん腫(複合)の増加が認められた。メスのマウスでは腫瘍発生率の増加は示されなかった。オスおよびメスのラットとオスのマウスにおいてのみ、25 ~ 50gDeBDE/kg 食餌の用量レベルでの発がん性の証拠は不明確であった。

すべての変異原性試験の結果は陰性であるため、DeBDE は遺伝毒性を有する発がん物質ではない、との結論を下すことができる。IARC(国際がん研究機関)(1990)は、DeBDE の発がん性について、実験動物においては限定的な証拠が存在する、との結論を出した。その極めて高い用量レベル、遺伝毒性のないこと、発がん性のわずかな証拠から、現在の暴露濃度においては、ヒトに対する発がんリスクはないと考えられる。

##### 2. ヒトへの影響

DeBDE に暴露された 200 名のヒトの被験者による感作試験においては、皮膚感作性の証拠は見出せなかった。結果的には PBDD および PBDF に暴露されることになる DeBDE 含有のポリブチレンテレフタル酸エステル混合物の型製造作業に 13 年間従事した者の罹患研究では、2,3,7,8-TeBDF および TeBDD が血液中で検出されたが、何の有害影響も発現しなかった。免疫研究の結果は、暴露作業者の免疫システムは 13 年間の間、有害影響を受けなかったことを示した。

### 3. 実験室および野外の他の生物類への影響

3種類の海産単細胞藻類の成長に対する  $EC_{50}$  (50%影響発現濃度) は、1mg DeBDE/l より高い数値であった。この他、実験室および野外における他の生物への影響についての情報は入手できない。

### 4. 結論

DeBDE はポリマー類に難燃添加剤として混合されて広く使用されている。一般集団の人々は、これらのポリマーを用いた製品と接触する。DeBDE はポリマーから容易に抽出出来ないため、その暴露は極めて少ない。DeBDE の急性毒性は非常に低く、消化管よりの吸収もほとんどない。従って、DeBDE の一般集団へのリスクは重大とは考えられない。

DeBDE の職業暴露は微粒子の形態をとる。製造および使用中の粉塵対策により、作業者のリスクは十分に低減させ得るであろう。DeBDE は難分解性で、環境中の粒子状物質と結合し堆積物中に蓄積すると考えられる。また、生物濃縮はしないようである。これまでの証拠では、水中における環境内光分解は、低濃度の臭素化ジフェニルエーテル類あるいは臭素化ジベンゾフラン類の生成に導くことはないことを示唆しているが、他の媒体中での分解について知られていることは少ない。環境中の生物類に対する DeBDE の毒性についての情報は極めて少ない。

#### ・ノナブロモジフェニルエーテル(NoBDE)

実験用哺乳類および *in vitro* (試験管内) 試験系への影響、ヒトへの影響等データは入手できない。

#### ・オクタブロモジフェニルエーテル(OBDE)

##### 1. 実験用哺乳類および *in vitro* (試験管内) 試験系への影響

市販 OBDE の実験用哺乳類に対する急性毒性は低い。本物質は皮膚に対して刺激性を示さず、ウサギの眼への刺激もごく軽微である。ラットでの短期毒性試験(4週間および13週間)では、100mg/kg 食餌の投与において、肝重量の増加と、顆粒構造を含む小葉中心付近と中間帯の肝実質細胞の拡張によって判定された顕微鏡的变化が認められた。これらの肝臓の変化は、1,000 および 10,000mg/kg 食餌のような高用量において顕著であった。さらに、甲状腺の肥厚も見られた。組織中の臭素の含有総量は試験期間中に増加し回復期には徐々に減少した。この肝臓の変化は可逆性であった。OBDE の微粒子粉塵の吸入試験(8時間/日、連続14日間)において、1.2mg/m<sup>3</sup> の暴露による影響はなかったが、12 mg/m<sup>3</sup> の濃度では経口投与試験において見られ肝臓の変化が生じた。

比較的低用量の市販 OBDE は、ラットにおいてチトクローム P450 を増加させ、ウリジン二リン酸(UDP) グルクロン酸トランスフェラーゼ(転移酵素) およびベンツピレン・ヒドロキシラーゼのような肝臓ミクロソーム酵素類を誘発させた。また、市販 OBDE は、ヒナ胎芽肝細胞の培養においてポルフィリン生成作用を誘発させた。

ラットにおける OBDE の催奇形性においては、高用量(25.0 および 50.0mg/kg 体重) では骨吸収(訳者注：骨組織の除去)、種々の骨形成の遅滞、胎児奇形が観察された。この奇形は 25mg/kg 体重以上の用量において認められ、母獣の毒性に最も大きく関連する

ようである。これらの変化は 15.0mg/kg 体重以下では見られなかった。

ウサギについては催奇形性の証拠はなかったが、胎児毒性は母獣毒性濃度を示した 15mg/kg 体重において認められた。催奇形性研究では 2.5mg/kg 体重の濃度で影響はなかった。

ラットによる 28 日および 90 日の研究では、100mg/kg 食餌の OBDE(5mg/kg 体重に相当)は肝臓に最小の影響を誘発した。無影響量は確立されていない。

不定期 DNA 合成試験、*in vitro*(試験管内)細菌試験、チャイニーズハムスター卵巣細胞の姉妹染色分体交換を含む変異原性試験の結果は、すべて陰性であった。

長期発がん性試験の結果は入手できない。

## 2. ヒトへの影響

データは入手できない。

## 3. 実験室および野外の他の生物類への影響

ごくわずかのデータしか入手できない。

## 4. 結論

市販の OBDE は、ヘキサ -、ヘプタ -、オクタ -、ノナプロモジフェニルエーテルの混合物であり、それらのすべては環境中で難分解性であり、大部分は堆積物と結合している。

OBDE は添加難燃剤としてポリマー類中に広く混合されている。一般集団の人々は、これらのポリマー類から作られた製品と接触するが、ポリマー類からの溶出による暴露はないと考えられる。

OBDE の急性毒性は低い。哺乳類における本物質の取り込みと喪失についての情報はない。OBDE には、催奇形性および変異原性はない。長期毒性および発がん性研究の結果は入手できない。市販 OBDE のいくつかの構成成分は、ヒトの脂肪組織中で同定されている。一般集団に対する急性リスクは低いように見える。

長期暴露のリスク・アセスメントは、適切な毒性試験を欠くため不可能である。

OBDE の職業暴露あるいは影響についての結論を下すための情報は入手できない。

環境中の生物類に対する OBDE の毒性についての情報は限られている。低臭素化の市販 OBDE 混合物の成分は、生物類中で生物濃縮を起こすであろう。

### ・ヘプタプロモジフェニルエーテル(HpBDE)

実験用哺乳類および *in vitro*(試験管内)試験系への影響、ヒトへの影響等データは入手できない。

### ・ヘキサプロモジフェニルエーテル(HxBDE)

実験用哺乳類および *in vitro*(試験管内)試験系への影響、ヒトへの影響等データは入手できない。

### ・ペンタプロモジフェニルエーテル(PeBDE)

1. 実験用哺乳類および *in vitro*(試験管内)試験系への影響

ラットに対する市販 PeBDE の経口による急性毒性は低く、ウサギにおける皮膚毒性も低い。ラットにおける PeBDE の短期吸入暴露およびウサギの結膜嚢への暴露では、軽微で一過性の影響を生じさせるに過ぎない。

ラットによる短期毒性研究(4週間および13週間)では、100mg/kg 食餌の濃度により肝重量の増加と軽度の組織学的変化を生じさせた。その変化は顆粒状の外見を有する肝実質細胞の拡大と、含まれる好酸性の「円形体」(round body)より構成されている。用量に関連する肝臓内の総臭素含有量の増加が起こり、上昇した濃度は24週間持続した。また、可逆性の甲状腺の軽度の肥厚が認められた。

肝酵素の誘発とチトクローム P450 の増加が、PeBDE 0.78  $\mu$ mol/kg 体重/日の用量の経口投与後に起こった。催奇形性および変異原性試験の結果は陰性であった。

長期/発がん性試験は報告されていない。

## 2. ヒトへの影響

データは入手できない。

## 3. 実験室および野外の他の生物類への影響

ごくわずかのデータしか入手できない。

## 4. 結論

市販の PeBDE (24~38%のテトラ -、50~60%のペンタ -、4~8%のヘキサプロモジフェニルエーテルの混合物) は、難分解性で環境中の生物類中に蓄積する。市販 PeBDE は、添加難燃剤としてポリマー類に混合されて、広く用いられている。

一般集団は、これらのポリマーの製品を通じて接触する。ポリマー類からの抽出はないようである。この物質は、魚類、貝類のようなヒトの食品類となる環境中の生物類から検出されているため、食物連鎖を通じて PeBDE のヒトへの暴露はおこるであろう。スウェーデン産の魚類、鳥類においては、過去20年にわたり、その濃度の増加が測定されてきた。

市販 PeBDE の急性毒性は低い。哺乳類におけるこの物質の取り込みと喪失についての情報は無い。生殖、長期毒性、発がん性試験の結果は入手できない。

一般集団へのリスクは、入手し得るデータでは決定できない。

市販 PeBDE の職業暴露濃度あるいはその影響についての結論を下すための情報は入手できない。

環境中の生物類に対する市販 PeBDE の毒性についての情報は限られている。

## ・テトラプロモジフェニルエーテル(TeBDE)

### 1. 実験用哺乳類および *in vitro*(試験管内)試験系への影響

TeBDE そのものについてのデータはないが、41%の TeBDE を含む市販の PeBDE についての急性および短期試験のデータは入手できる。

### 2. ヒトへの影響

データは入手できない。

### 3. 実験室および野外の生物類への影響

データは入手できない。

### 4. 結論

TeBDE の成分類 (41%の 2,2',4,4' - テトラ、45%の 2,2',4,4',5' - ペンタ、7%のヘキサ、未知の構造物質を含む 7~8 のポリ臭素化ジフェニルエーテル類の混合物) は難分解性で環境中の生物類に蓄積される。

ペンタブロモジフェニルエーテルの構成成分としての TeBDE は、添加難燃剤としてポリマー類に広く混合されている。一般集団はこれらのポリマー類から作られた製品と接触する。ポリマー類からの溶出はないと考えられる。この物質は、魚類・貝類などのヒトの食品となる環境中の生物類から検出されているため、食物連鎖を通じての TeBDE のヒトへの暴露は起こるであろう。スウェーデンの魚類および鳥類においては、過去 20 年間にわたりその濃度の上昇が測定されている。

短期、長期毒性 / 発がん性、生殖への影響に関する情報は欠けている。さらに、実験動物およびヒトにおける体内動態についての情報も入手できない。

一般集団に対するリスクは、入手し得るデータをベースとしては決定できない。

TeBDE の職業暴露あるいはその影響について、その結論を下すための情報は入手できない。

環境中の生物類に対する市販 TeBDE の毒性データは入手できない。

#### ・トリプロモジフェニルエーテル(TrBDE)

実験用哺乳類および *in vitro*(試験管内)試験系への影響、ヒトへの影響等データは入手できない。

#### ・ジプロモジフェニルエーテル(DiBDE)

実験用哺乳類および *in vitro*(試験管内)試験系への影響、ヒトへの影響等データは入手できない。

#### ・モノプロモジフェニルエーテル(MoBDE)

##### 1. 実験用哺乳類および *in vitro*(試験管内)試験系への影響

MBDE には催奇形性は認められないが、急性・短期・長期毒性についてのデータはないため、評価はできない。

##### 2. ヒトへの影響

データは入手できない。

##### 3. 実験室および野外の生物類への影響

クロマス科スズキに対する 96 時間の  $LC_{50}$  (50%致死濃度) は 4.9mg/l、影響の認められない濃度( NOEC )は 2.8mg/l である。ミジンコに対する 48 時間の  $LC_{50}$  は 0.36mg/l、NOEC は 0.046mg/l であった。

### 4. 結論

モノプロモジフェニルエーテルは難燃・防災特性をもっていない。それは環境中の生物類に蓄積し、種々の環境媒体中において検出されており、分解の証拠が存在する。

MBDE についての情報は限られているため、一般集団と環境中の生物類への暴露濃度と影響についての結論を下すことはできない。

この物質の使用を支持する毒性学的データは存在しない。

環境汚染を招来する MBDE の使用は避けるべきである。

環境省環境保健部環境リスク評価室「化学物質の環境リスク評価第2巻」(H15年3月)より

・オクタブロモジフェニルエーテル(OBDE)

(健康リスクの初期評価)

健康リスクの初期評価として、ヒトに対する化学物質の影響(内分泌かく乱作用に関するものを除く)についてのリスク評価を行った。

1. 一般毒性及び生殖・発生毒性

急性毒性

動物種	経路	致死量、中毒量等
ラット	経口	LD <sub>50</sub> > 5 g/kg
ラット	吸入	LC <sub>50</sub> > 52.8 g/m <sup>3</sup> (1hr)
ウサギ	経皮	LD <sub>50</sub> > 2 g/kg (24hr)

注：( )内の時間は暴露時間を示す。

本物質の急性毒性は低い。ウサギでは、皮膚への刺激性はないが、わずかに目への刺激性が認められている。

中・長期毒性

ア)Sprague-Dawleyラット雄6匹を1群とし、0、0.62、1.25、2.51mg/kg/dayをコーン油に添加して90日間強制経口投与した結果、すべての暴露群で肝酵素誘導がみられ、一部は試験終了後から30～60日間持続したものの、肝臓の病理組織検査ではすべての暴露群で異常を認めなかった。肝酵素誘導は健康影響の指標であるとは考えられないため、この結果から、肝臓に異常の認められなかった最高用量の2.51mg/kg/dayがNOAELとなる。

注：本物質が30.7%含まれる市販品を使用。

イ)Charles River CDラット雌雄各35匹を1群とし、0、5、50、500mg/kg/dayを90日間混餌投与した結果、5mg/kg/day群では肝臓の絶対及び相対重量の増加、50mg/kg/day群ではさらに体重増加の抑制と甲状腺の絶対及び相対重量の増加、500mg/kg/day群ではさらに腎臓の絶対及び相対重量の増加、ヘモグロビン、ヘマトクリット値、赤血球数の減少がみられた。また、50mg/kg/day群で肝細胞の空胞化、硝子滴の蓄積、壊死などもみられた。また、Sprague-Dawleyラット及びCharles River CDラットを用いた28日間の経口投与試験においても、ほぼ同様の結果を認めた。これらの結果から、NOAELは5mg/kg/dayであった。

注：DE-79を使用。

ウ)Charles River CDラット雌雄各5匹を1群とし、0、0.6、3.7、23.9、165.2mg/m<sup>3</sup>(微粒子)を14日間(8時間/日)吸入させた結果、3.7mg/m<sup>3</sup>以上の群で肝細胞の変性及び用量に依存した肝臓相対重量の有意な増加を認めた。23.9mg/m<sup>3</sup>以上の群では広範な肝腫脹、肝細胞の壊死がみられ、165.2mg/m<sup>3</sup>群で肝細胞の壊死は顕著であった。この結果から、NOAELは0.6mg/m<sup>3</sup>(暴露状況での補正：0.2mg/m<sup>3</sup>)であった。

注：DE-79を使用。

生殖・発生毒性

Charles-River Crb:COBS CD (SD) BRラット雌25匹を1群とし、0、2.5、10、25mg/kg/dayをコーン油に添加して妊娠6日目から15日目に強制経口投与した結果、

10 mg/kg/day 群で胎仔の平均体重の減少がみられ、25 mg/kg/day 群ではさらに母ラットの体重増加の抑制、吸収胚の増加、胎仔の心臓肥大や後肢の奇形、骨化の遅れなどがみられた。この結果から、NOAELは2.5mg/kg/dayであった。

Charles-River CD ラット雌25匹を1群とし、0、2.5、10、25mg/kg/dayを妊娠6日目から15日目に強制経口投与した結果、10mg/kg/day以上の群で有意な吸収胚の増加を認めた。また、10mg/kg/day以上の群では、胎仔の臓器や骨格の奇形、骨化の遅れなどがみられたが、用量に依存した影響ではなかった。この結果から、NOAELは2.5 mg/kg/dayであった。ただし、著者はこれらの数値が対照群での既知の正常範囲に収まることから、生物学的な有意性については不明だとしている。

注：FR-1208を使用。本物質を25.3%含む。

ニュージーランド白ウサギ雌26匹を1群とし、0、2、5、15mg/kg/dayをコーン油に添加して妊娠7日目から19日目に強制経口投与した結果、15mg/kg/day群の母ウサギで有意な体重増加の抑制と肝臓重量の増加を認めた。着床数、胚吸収、胎仔の数や生存数・体重、奇形などへの影響を認めなかったが、15mg/kg/day群の胎仔では、胸骨分節の骨化遅延に有意な増加を認めた。この他に、5mg/kg/day以上の群の胎仔で大静脈後尿管、5mg/kg/dayの群の胎仔で胸骨分節の融合がみられたが、これらは用量に依存したものではなかった。著者はこの結果から、母ウサギで影響のみられた15 mg/kg/dayで、胎仔への軽微な影響がみられたとしている。

注：Syntex 111を使用。本物質を33.5%含む。

ヒトへの影響

ヒトへの影響に関する情報は得られなかった。

## 2. 発がん性

発がん性に関する知見の概要

発がん性に関する情報は得られなかった。

不定期DNA合成試験、*in vitro*細菌試験、チャイニーズハムスター卵巣細胞の姉妹染色分体交換を含む変異原性試験の結果は、すべて陰性であった。

発がんリスク評価の必要性

IARCにおいて評価は行われておらず、現時点においては評価はできない。

## 3. 無毒性量（NOAEL）等の設定

本物質は多臭素化ジフェニルエーテル同族体の混合物として市販されていたことから、動物実験等では混合物が本物質として使用されてきた経緯があり、本物質単独の動物実験結果等がない。このため、ここでは混合物を含む化学物質を本物質とみなして、無毒性量等の設定を行うこととした。

経口暴露については、ラットの中・長期毒性試験から得られたNOAEL2.51mg/kg/day（肝臓に異常を認めなかった最高設定用量）とラットの生殖・発生毒性試験から得られたNOAEL2.5mg/kg/day（吸収胚の増加、奇形など）は同程度で、共に信頼性のある最小値であったが、より小さな無毒性量等となる中・長期毒性試験のNOAELを採用し、試験期間が90日間と短いことから10で除した0.25mg/kg/dayを無毒性量等として設定する。

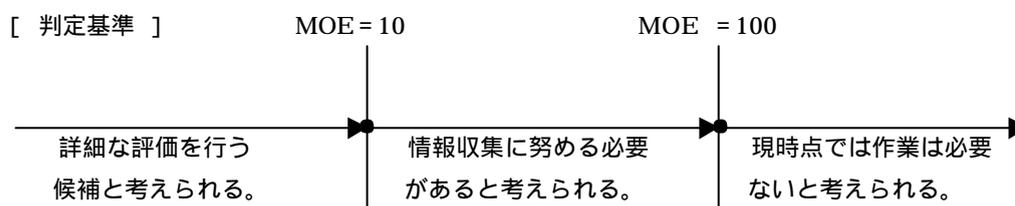
吸入暴露については、ラットの中・長期毒性試験から得られたNOAEL0.6mg/m<sup>3</sup>（肝

臓相対重量の増加、肝細胞の変性)が信頼性のある最小値であることから同値を採用する。これを暴露状況で補正して0.2mg/m<sup>3</sup>とし、試験期間が14日間と短いことから10で除した0.02mg/m<sup>3</sup>を無毒性量等として設定する。

#### 4. 健康リスクの初期評価結果

暴露経路	暴露量		無毒性量等	MOE
	平均値	予測最大量		
経口	飲料水	-	0.25mg/kg/day	ラット
	地下水	-		
吸入	環境大気	-	0.02mg/m <sup>3</sup>	ラット
	室内空気	-		

注：飲料水、地下水とは、経口暴露量のうち、水からの暴露量を求める際に用いた媒体を示す。



本物質については、無毒性量等を設定したものの、経口及び吸入の暴露量が把握されていないため、現時点ではリスクの判定はできない。

#### (生態リスクの初期評価)

生態リスクの初期評価として、水生生物に対する化学物質の影響(内分泌攪乱作用に関するものを除く)についてのリスク評価を行った。

##### 1. 予測無影響濃度(PNEC)の設定

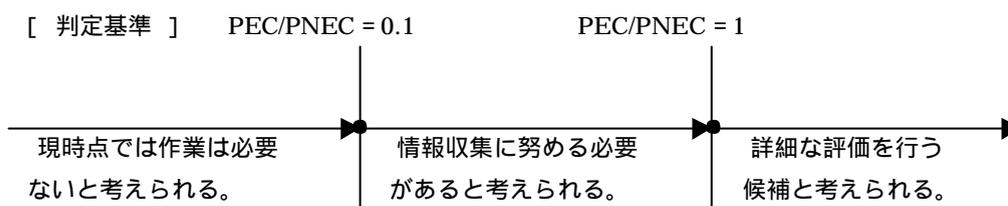
本物質の水生生物に対する影響濃度に関する知見を収集した結果、本物質については信頼できるデータは得られなかった。

##### 2. 生態リスクの初期評価結果

媒体	平均濃度	最大値[95%ile-セタイル値]濃度(PEC)	PNEC	PEC/PNEC比
水質	公共用水域・淡水域	0.1 μg/L未満程度(1987)	μg/L	
	公共用水域・海水域	0.1 μg/L未満(1987)		

注：1) 環境中濃度での( )内の数値は測定年を示す。

2) 一般環境・淡水域は、河川河口域を含む。



本物質の公共用水域における濃度は、平均濃度・最大値ともに、淡水域・海水域で0.1 µg/L未満程度であり、検出下限値未満であった。

予測無影響濃度(PNEC)を算定する十分な情報が得られなかったため、現時点では生態リスクの判定はできない。本物質は水溶解度が低く、環境中では主として土壌または底質に存在することが予測されているものの、難燃剤として用いられていることから、今後は環境中濃度の測定や生態影響試験実施も含めた情報収集の必要性について検討を行う必要があると考えられる。

・デカブロモジフェニルエーテル(DeBDE)  
(健康リスクの初期評価)

健康リスクの初期評価として、ヒトに対する化学物質の影響(内分泌かく乱作用に関するものを除く)についてのリスク評価を行った。

1. 一般毒性及び生殖・発生毒性

急性毒性

動物種	経路	致死量、中毒量等
ラット	経口	LDLo 500 mg/kg
ラット	経皮	LD > 3 g/Kg

注：( )内の時間は暴露時間を示す。

中・長期毒性

ア)Sprague-Dawley ラット雌雄各25匹を1群とし、本物質(純度77.4%、ノナブロモジフェニルエーテル(NoBDEs)21.8%)を0、0.01、0.1、1 mg/kg/day の用量で2年間混餌投与した結果、行動、体重、摂餌量、血液成分、尿、臨床化学成分、器官重量、生残率、腫瘍発生率に対して影響を認めなかった。この結果から、NOAELは1mg/kg/dayであった。しかし、用量が極めて低く、純度も低いことが問題として指摘されている。

イ)Sprague-Dawley ラット雄(個体数不明)に本物質(純度77.4%、NoBDEs21.8%)を0、8、80、800mg/kg/dayの用量で30日間混餌投与した結果、80mg/kg/day以上の群で肝臓の小葉中心性肝細胞肥大及び空胞化、腎臓の尿細管の硝子変性、甲状腺の過形成を認めた。この結果から、NOAELは8mg/kg/dayであった。

ウ)Fisher 344/N ラット雌雄各50匹を1群とし、本物質(純度94.97%)を雄に0、1,120、2,240mg/kg/day、雌に0、1,200、2,550mg/kg/dayの用量で103週間混餌投与した結果、雄では2,240mg/kg/day群で肝臓の血栓形成及び肝細胞の変性、脾臓の線維化、下顎リンパ節のリンパ濾胞過形成、雌では1,200mg/kg/day以上の群で脾臓の髄外造血亢進及び前胃のアカントーシス(acanthosis)を認めた。この結果から、NOAELは1,120mg/kg/day(雄)であった。

生殖・発生毒性

Sprague-Dawley ラット雌20匹を1群とし、本物質(純度77.4%、NoBDEs21.8%)を0、10、100、1,000mg/kg/dayの用量で妊娠6日目から15日目までコーン油に添加して強制経口投与した結果、1,000mg/kg/day群の胎仔で浮腫、頭部の骨化遅延を認めたが、奇形の発生はなかった。また、10mg/kg/day以上の群で吸収胚の有意な増加を認め

たが、用量依存性はなかった。この結果から、LOAEL10mg/kg/dayが得られるが、概要のみの報告であり、純度も低いことから、信頼性は低い。

Sprague-Dawleyラット雌雄を1群とし、本物質(純度77.4%、NoBDEs21.8%)を0mg/kg/day(雄20匹、雌40匹)、3、30mg/kg/day(雄10匹、雌20匹)、100mg/kg/day(雄15匹、雌30匹)の用量で交尾前60日から授乳期間まで混餌投与した1世代試験の結果、親ラット、出生仔ともに毒性による影響を認めなかった。この結果から、NOAELは100mg/kg/dayであった。

IGS BRラット雌に本物質(純度97.34%)を0、100、300、1,000 mg/kg/dayの用量で妊娠0日目から19日目までコーン油に添加して強制経口投与した結果、母ラットでは1,000mg/kg/dayでわずかな摂餌量の増加がみられただけであった。また、胎仔では血管奇形や心臓肥大、生存能力の低下、吸収胚の増加がみられたが、これらは用量に依存した発生は示さず、有意でもなかったことから、本物質による影響ではないと考えられた。この結果から、胎仔及び母ラットで、NOAELは1,000mg/kg/dayであった。

#### ヒトへの影響

ポリ臭化ビフェニル及びそのエーテル(本物質を含む)に6週間以上暴露された労働者で、甲状腺機能低下、感覚神経・運動神経(腓骨神経)における伝導速度の有意な低下を認めたが、これらの影響が本物質によるものとは断定されていない。

アメリカやドイツの臭素化難燃剤製造工場でも調査が行われているが、いずれも健康影響を認めていない。

## 2. 発がん性

### 発がん性に関する知見の概要

Fisher 344/N ラット雌雄各50匹を1群とし、本物質(純度94-97%)を雄に0、1,120、2,240mg/kg/day、雌に0、1,200、2,550mg/kg/dayの用量で103週間混餌投与した結果、1,120mg/kg/day以上の群の雄、2,550mg/kg/day群の雌で肝細胞腺腫の発生率に用量に依存した有意な増加を認めた。また、2,240mg/kg/day群の雄で膵臓の腺房細胞腺腫の有意な増加を認めた。

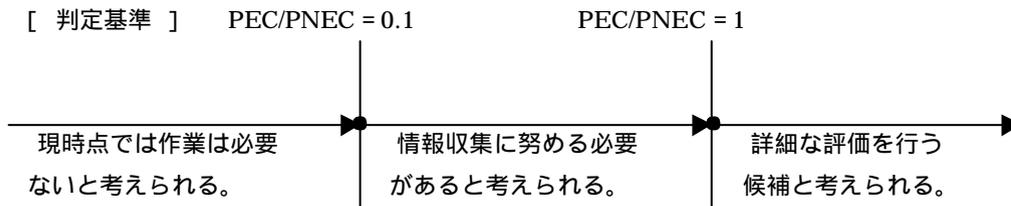
B6C3F1マウス雌雄各50匹を1群とし、本物質(純度97%)を雄に0、3,200、6,650mg/kg/day、雌に0、3,760、7,780mg/kg/dayの用量で103週間混餌投与した結果、3,200mg/kg/day以上の群の雄で肝臓の小葉中心性肝細胞腫大、甲状腺濾胞細胞の過形成、肝細胞腺腫及びがん、甲状腺の濾胞細胞腺腫及びがんの発生率増加を認めたが、用量依存性については明確でなかった。

Sprague-Dawley ラット雌雄各25匹を1群とし、本物質(純度77.4%、NoBDE21.8%)を0、0.01、0.1、1mg/kg/dayの用量で2年間混餌投与した結果、腫瘍の発生率に有意な差を認めなかった。

### 発がんリスク評価の必要性

実験動物では発がん性について限られた証拠しかなく、ヒトでの発がん性に関してはデータがないため、IARCの評価では3(ヒトに対する発がん性については分類できない)に分類されている。このため、現時点では発がん性に関する評価を行う必要はない。





本物質の公共用水域における濃度は、平均濃度で見ると淡水域で $0.000037\mu\text{g/L}$ の報告があり、海水域では $0.1\mu\text{g/L}$ 未満で検出下限値未満であった。安全側の評価値として設定された予測環境中濃度(PEC)は、淡水域で $0.000058\mu\text{g/L}$ の報告があり、海水域で $0.1\mu\text{g/L}$ 未満であった。

予測無影響濃度(PNEC)を算定する十分な情報が得られなかったため、現時点では生態リスクの判定はできない。本物質は難分解性で水溶解度が低く、環境中では主として土壌に存在することが予測されており、製造量は $4,320\text{t}$ (平成5年度)であった。今後は、難燃剤として使用されていることを踏まえ、環境中濃度の測定、生態影響試験の実施等による情報収集の必要性について検討する必要がある。

## 参考 2

### 四臭素化ビスフェノール A(TBBPA)の毒性について

IPCS「環境保健クライテリア 172 テトラプロモビスフェノール A(TBBPA)および誘導体」(1995)より

#### 1. 実験用哺乳類および *in vitro*(試験管内)試験系への影響

実験動物に対する TBBPA の急性経口毒性は低い。その経口 LD<sub>50</sub>(50%致死量)は、ラットにおいて>5g/kg 体重、マウスでは 10g/kg 体重である。ウサギに対する経皮 LD<sub>50</sub> は>2g/kg 体重であり、マウス・ラット・モルモットの吸入 LC<sub>50</sub>(50%致死濃度)は>0.5mg/l であった。ウサギおよびモルモットの皮膚への TBBPA の単回の経皮適用では、3.16g/kg 体重以下の濃度においては、局所および全身的影響は誘発されなかった。TBBPA はウサギの皮膚あるいは眼に刺激性を示さなかった。数件のモルモットの実験においては、感作反応(訳者注:過敏状態の誘発)は認められなかった。ウサギの耳介において、TBBPA の塩素ざ瘡(にきび)発生作用(chloracnegenic activity)も試験されたが、そのような作用は観察されなかった。剃毛および表皮剥離のウサギの皮膚を、2,500mg/kg 体重以下の TBBPA に暴露した 3 週間の皮膚毒性実験においては、軽度の皮膚の紅疹のみが見られた。本化合物に関連するその他の変化は認められなかった。

微粉化された 18mg/l 以下の TBBPA(18,000mg/m<sup>3</sup>)に 4 時間/日、5 日/週で 2 週間暴露されたラットでは、体重、組織病理学的検索、血清化学的検査、尿検査への影響はなかった。

ラットに対する、TBBPA1,000mg/kg 食餌以下の用量での 28 日間の経口投与では、何らの悪影響ももたらされなかった。肝臓の臭素総量は、対照群と高用量(1,000mg/kg)投与群との間では差異はなかった。

ラットにおける、TBBPA100mg/kg 体重以下の用量による 90 日間の経口毒性実験では、体重、血液学的検査、臨床化学検査、尿検査、臓器重量、肉眼的および顕微鏡的検索については、いかなる悪影響の誘発もなかった。

マウスによる 90 日間の実験では、4,900mg/kg 混餌(約 700mg/kg 体重/日)の投与量は、何らの悪影響も発生させなかった、また、15,600mg/kg 混餌(約 2,200mg/kg 体重/日)では、体重の減少、脾臓重量の増加、赤血球濃度・血清タンパク質・血清トリグリセライドの低減を生じさせた。

2 件の催奇形性試験がラットについて実施された。その一つは、10mg/kg 体重以下の用量が妊娠 6~15 日に強制経口投与された。第二の試験では、妊娠 0~19 日の間に 2.5mg/kg 体重の用量が投与された。最初の試験では、10g/kg 投与の動物の 5 分の 3 が死亡したが、3g/kg 投与の動物では毒性の徴候は認められなかった。また、催奇形性は観察されなかった。第二の試験では奇形は見出されなかった。

アロクロールが導入されたラットおよびシリアンハムスターの S9mix による代謝活性化系を用いたサルモネラ菌(*Salmonella typhimurium*)TA1535、TA1537、TA1538、TA98、TA100 による種々の試験において、変異原性を示すことはなかった。ここでは、10,000 μg/プレートまでの濃度が試験された。酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)を用いた 2 件の試験結果は、アロクロールが導入されたラットのミクロソーム酵素生成の有無いずれの場合にも陰性であった。

発がん性あるいは長期毒性試験は報告されていない。

## 2. ヒトへの影響

TBBPA は 54 名のヒトのボランティアにおいて、皮膚の刺激作用あるいは感作を生じさせることはなかった。

ヒトの疫学研究あるいはその他のデータは入手できない。

## 3. 実験室および野外の他の生物類への影響

TBBPA の海洋性藻類に対する毒性はさほど強くはない。28 件の短期試験では、その EC<sub>50</sub> は 0.1 ~ 1.0mg/l であり、一方、淡水性藻類では 9.6mg/l においてさえ成育阻害を示さなかった。

ミジンコ(*Daphnia magna*)に対する急性 48 時間の LC<sub>50</sub> は 0.96mg/l と報告されており、0.32mg/l においては被験生物の 5% が死亡した。しかし、21 日間の実験では、ミジンコの生存と成育に対する EC<sub>50</sub> は >0.98mg/l であった。この実験におけるミジンコの生殖に対する TBBPA の影響に基づいた場合、毒性物質最大許容濃度 [Maximum Toxicant Concentration (MATC)] は 0.30 ~ 0.98mg/l の間である。アミ (*Mysid shrimp*) (<1、5、10 日齢) では、96 時間 LC<sub>50</sub> としてそれぞれ 0.86、1.1、1.2mg/l が示された。

カキ (*Eastern oysters*) に対する 96 時間 EC<sub>50</sub> (貝殻形成の減少) は 0.098mg/l、無影響濃度 (NOEC) は 0.0062mg/l と算定された。

クロマス科スズキ、ニジマス、コイに対する TBBPA の 96 時間 LC<sub>50</sub> は、それぞれ 0.51、0.40、0.54mg/l であった。これら 3 魚種の無影響濃度は 0.10、0.18、0.26mg/l であった。TBBPA に 35 日間暴露されたコイ (胚および幼生) では、胚および幼生への有害影響に基づく MATC は 0.16 ~ 0.31mg/l の間を示した。

底質無脊椎動物コスリカ (*Chironomus tentans*) への 14 日間の無影響濃度は、低・中・高レベルの有機炭素堆積物中では、それぞれ TBBPA 0.039、0.045、0.046mg/l 水であった。水生系での実験の大多数は、pKa2 付近の pH で実施されている。酸性条件での TBBPA の挙動は異なるであろう。

## 4. 結論

### 一般集団

TBBPA は広く用いられ、反応性および添加剤難燃剤の重合体として製品化されている。一般集団との接触は、これらの重合体からの製品から生じ、TBBPA の重大な取り込みは起こらないであろう。その上、TBBPA の急性および反復投与毒性は極めて低い。また、消化管からの TBBPA の吸収はわずかである。したがって、TBBPA 暴露による一般集団のリスクは重大ではない (insignificant) と見なされる。

### 職業暴露

TBBPA への職業暴露は、主として、包装あるいは混合作業中の微粒子によるものである。局所換気その他の技術的方法の利用による粉塵の防止は、作業者のリスクを減少するであろう。もし、粉塵が十分に防止できない場合には、呼吸保護具を用いるべきである。

## 環境

環境中で TBBPA が検出されるのは、主として土壌および底質の試料中である。比較的高い生物濃縮係数は速やかな排泄と均衡を保っているように見え、本化合物は、通常は環境内の生物試料では見出されていない。

TBBPA のフェノールグループは環境中でメチル化され、生成される Me<sub>2</sub>-TBBPA はより親油性が高い。この化合物は堆積物、魚類、貝類でも見出される。

環境省環境保健部環境リスク評価室「化学物質の環境リスク評価第1巻」(H14年3月)より

・テトラプロモビスフェノールA

1. 一般毒性及び生殖・発生毒性

急性毒性

動物種	経路	致死量、中毒量等
ラット	経口	LD <sub>50</sub> : > 5 g/kg
ウサギ	皮膚	LC <sub>50</sub> : 2 g/kg

本物質の急性毒性は低く、眼や皮膚に対しても非刺激性である。

中・長期毒性

B6C3F1 マウス雌雄各10匹を1群とし、0、71、700、2,200、7,100mg/kg/dayを3ヶ月間混餌投与した結果、2,200mg/kg/day以上の群で体重低下、貧血、中性脂肪低下、総タンパク低下、脾臓の重量増加・出血を認めた。この結果から、700mg/kg/dayがNOAELとなるが、試験期間が3ヶ月と短いため、EHC(1995)では短期暴露時のNOAELとしている。

Charles River CD ラット雌雄各5匹を1群とし、0、2,000、6,000、18,000 mg/m<sup>3</sup>を2週間(4時間/日、5日/週)吸入させた結果、6,000 mg/m<sup>3</sup>以上の群で過剰の唾液・鼻汁・涙液の分泌がみられた以外には、血液所見、病理所見、尿所見に異常を認めなかった。

生殖・発生毒性

Charles River CD ラット雌5匹を1群とし、0、30、100、300、1,000、3,000、10,000mg/kg/dayを妊娠6日～15日目までの10日間強制経口投与した結果、10,000mg/kg/day群では3匹の母ラットが死亡したが、少なくとも3,000mg/kg/dayまでの群では胎仔への影響を認めなかった。

また、野田(1985)によると、妊娠ラットに0日～19日目まで0、280、830、2,500mg/kg/dayを投与した結果、出生率や奇形、生後の発育に影響を認めなかった(EHC, 1995)。

ヒトへの影響

ヒトへの影響として、54名のボランティアで皮膚の刺激作用あるいは感作を生じさせることはなかったと報告されている。

本物質及びその誘導体は難燃剤の重合体として広く利用されている。一般集団との接触は難燃処理された製品から生じるが、重大な取り込みは起こらないであろうし、急性毒性、反復投与毒性も低く、消化管からの吸収もわずかであることから、一般集団のリスクは重大ではないとみなされている(EHC, 1995)。

2. 発がん性

発がん性に関する知見の概要

本物質の毒性に関する評価文書は、現在までのところEHC(1995)だけであり、発がん性に関する試験については、「これまでのところ報告されていない」とされている。その他、発がん性に関する文献はみあたらない。

*in vitro* における変異原性については4編の報告があるが、いずれも陰性である。  
発がんリスク評価の必要性  
IARCにおいて評価は行われておらず、現時点においては評価はできない。

### 3. 無毒性量 (NOAEL) 等の設定

経口暴露及び吸入暴露について、信頼性のあるデータが得られなかった。

### 4. 健康リスクの初期評価結果

無毒性量等を設定できなかったため、現時点ではリスクの判定はできない。

(生態リスクの初期評価)

生態リスクの初期評価として、水生生物に対する化学物質の影響(内分泌かく乱作用に関するものを除く)についてのリスク評価を行った。

### 1. 生態毒性の概要

表 生態毒性の概要

生物種	急性	慢性	毒性値 ( $\mu$ g/L)	生物名	エンドポイント /影響内容	暴露期間 (日)	信頼性			Ref.No.
							a	b	c	
藻類			<b>80</b>	<i>Skeletonema costatum</i>	EC <sub>50</sub> PSR 3	3				9933
			110	<i>Thalassiosira guillardii</i>	EC <sub>50</sub> PSR 3	3				9933
			1,500	<i>Chlorella</i> sp.	NR PGR	4				9933
			<b>4,600</b>	<i>Selenastrum capricornutum</i>	NOEC BMS	3				環境庁
			7,080	<i>Selenastrum capricornutum</i>	EC <sub>50</sub> BMS	3				環境庁
甲殻類			<b>800</b>	<i>Daphnia magna</i>	NOEC REP	21				環境庁
			860		LC <sub>50</sub> MOR	4				968
			<b>7,870</b>		EC <sub>50</sub> IMM	2				環境庁
魚類			<b>440</b>		LC <sub>50</sub> MOR	4				若林
			9,190		LC <sub>50</sub> MOR	4				環境庁

太字の毒性値は、PNEC(予測無影響濃度)算出の際に参照した知見として本文で言及したもの、下線を付した毒性値はPNEC算出の根拠として採用されたものを示す。

信頼性) a : 毒性値は信頼できる値である、b : ある程度信頼できる値である、

c : 毒性値の信頼性は低いあるいは不明

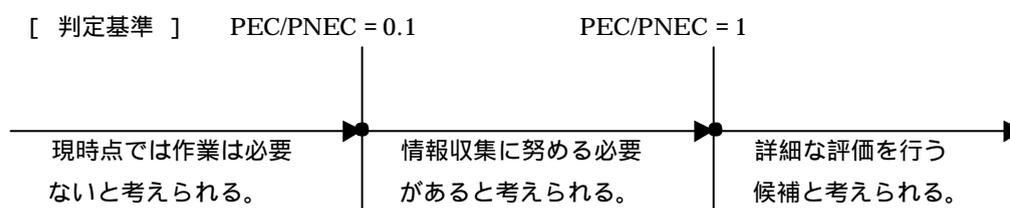
エンドポイント)EC<sub>50</sub> (Median Effective Concentration): 半数影響濃度、LC<sub>50</sub>(Median Lethal Concentration): 半数致死濃度、NOEC (No Observed Effect Concentration): 無影響濃度、NR (Not Reported): 記載無し

影響内容)BMS (Biomass): 生物現存量、GRO(Growth): 生長(植物)、成長(動物)、IMM (Immobilization): 遊泳阻害、MOR(Mortality): 死亡、PGR (Population Growth): 個体群成長・増殖、PSR (Population Size Reduction): 個体群密度減少

## 2. 生態リスクの初期評価結果

媒体		平均濃度	最大値[95%ile-セタ値]濃度(PEC)	PNEC	PEC/PNEC比
水質	一般環境・淡水域	0.04 μ g/L未満程度(1988)	0.04 μ g/L未満程度(1988)	0.8 μ g/L	< 0.05
	一般環境・海水域	0.04 μ g/L未満程度(1988)	0.04 μ g/L未満程度(1988)		< 0.05
	発生源周辺	データはない	データはない		
底質	一般環境	0.002 μ g/g・dry未満程度(1988)	淡水域0.011 μ g/g・dry未満程度 海水域0.0032 μ g/g・dry未満程度		

注：一般環境・淡水域は、河川河口域を含む。



本物質の公共用水域における濃度は、平均濃度で見ると淡水域・海水域共に0.04 μg/L未満程度であり、検出下限値未満であった。安全側の評価値として設定された予測環境中濃度(PEC)についても同様で、検出下限値未満であった。

予測環境中濃度(PEC)と予測無影響濃度(PNEC)の比は、淡水域・海水域ともに0.05未満となるため、現時点では作業は必要ないと考えられる。

付 記 - 2

破碎プラスチック調査結果

## 破碎プラスチック調査結果

### 1 調査目的

本編における臭素系ダイオキシン類等排出実態調査結果との関連を考察するため、家電リサイクル工場内で解体・破碎を行っているプラスチック中の臭素系ダイオキシン類等の含有実態を把握することを目的とする。

### 2 調査概要

#### (1) 調査媒体

各家電リサイクル工場において破碎した廃プラスチック(テレビ)

#### (2) 分析項目

本編の2 調査概要(3)分析項目に掲げた項目及び臭素系難燃物質(PBDEs、TBBPA)

### 3 分析方法

#### (1) 試料調製及び抽出

破碎プラスチックは、破碎後に1.4mmのふるいを通し、さらに凍結粉碎した試料を2g採取し、水温を50以下に保冷しながら、トルエンで超音波抽出を行った。

その後、抽出液を無水硫酸ナトリウムを用いて脱水し、ロータリーエバポレーターを用いて、濃縮・定容を行い、前処理液とした。

#### (2) クリーンアップ

前処理液から一定量を分取し、クリーンアップスパイクを加え、ヘキサンを用いて樹脂成分を析出させる。静置後、ガラス繊維ろ紙を用いてろ過し、ロータリーエバポレーターにて濃縮した。

ヘキサン濃縮液を分液漏斗に移し、濃硫酸を加え穏やかに混合し、静置後、硫酸層を捨てた。この操作を硫酸層の色が消えるまで繰返した後、ヘキサン層にヘキサン洗浄水を加え、穏やかに振とうし、静置後、水層を捨て、さらにヘキサン洗浄水による洗浄をほぼ中性になるまで繰返し行う。

硫酸処理を行った抽出液を無水硫酸ナトリウムを用いて脱水した後に、ロータリーエバポレーターを用いてヘキサンを濃縮する。

硫酸処理後のヘキサン濃縮液よりCo-PCB・PBDEs・TBBPAについては、本編及び付記-2 臭素系難燃物質排出調査結果の分析方法と同様に処理を行った。

また、PBDDs/DFs・MoBPCDDs/DFs・PCDDs/DFsについては、硫酸処理後のヘキサン濃縮液をフロリジルカラム(5g、1%含水)に移し、ヘキサン100mlで洗浄後、25%ジクロロメタン含有ヘキサン溶液100ml(約2.5mL/min)を流し、PBDDsおよびPBDFsを溶出させた。この溶出液をロータリーエバポレーターを用いて濃縮した。

次に、フロリジルカラム後の濃縮液を多層シリカゲルカラムに移し、5%ジクロロメタン含有ヘキサン溶液100ml(約2.5mL/min)を流し、PBDDsおよびPBDFsを溶出させた。この溶出液をロータリーエバポレーターを用いて一定量に濃縮した。

次にこのヘキサン濃縮液を活性炭シリカゲルカラム(1g)に移し、25%ジクロロメタン含有ヘキサン溶液200ml(約2.5mL/min)で洗浄後、トルエン300ml(約2.5mL/min)を流し、PBDDsおよびPBDFsを溶出させた。この溶出液をロータリーエバポレーターを用いて一定量に濃縮した。

得られた濃縮液を窒素気流下で溶媒を留去し、一定液量にした後、シリンジスパイクを添加し、GC/MS 測定試料溶液とした。図-1 に破碎プラスチック分析フローを示す。  
 なお、操作は全て紫外線遮光した試験室で行い、褐色ガラス器具あるいはアルミ箔で包んだガラス器具を用いて行った。

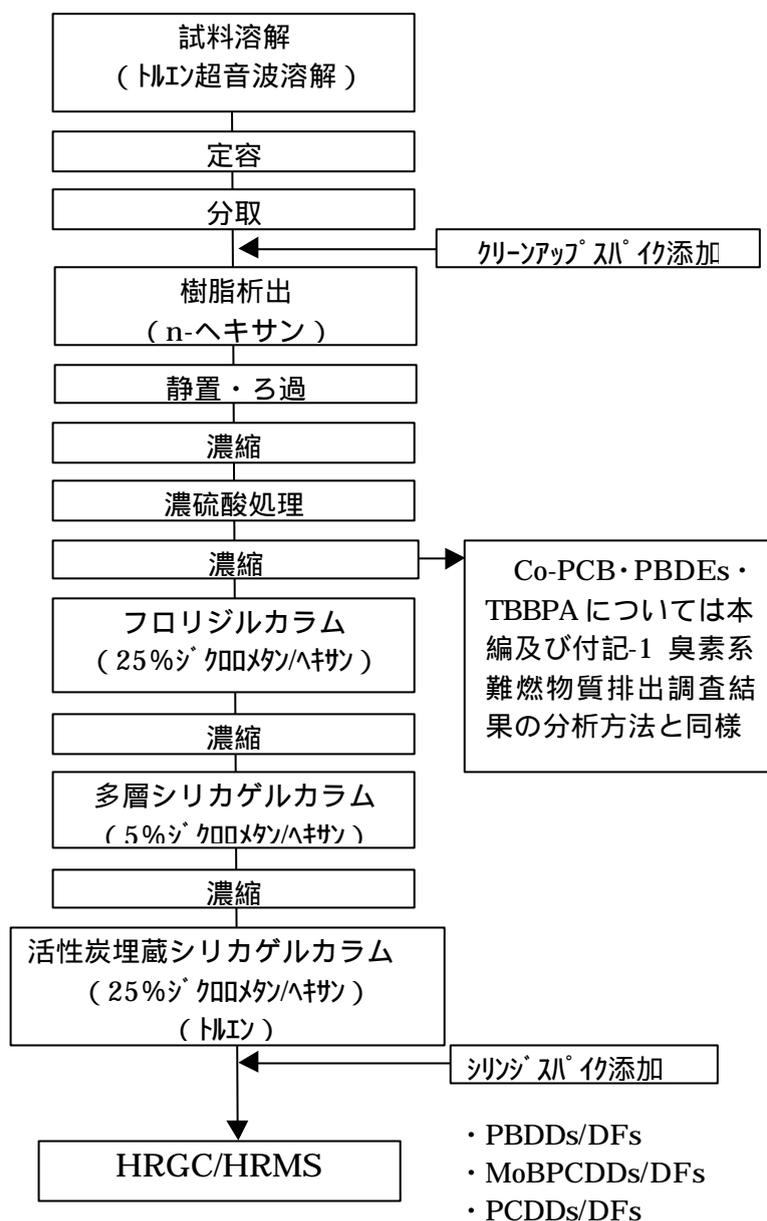


図-1 破碎プラスチック分析フロー

### (3) GC/MS 分析条件

GC/MS は、本編 4 分析方法(3) GC/MS 分析条件及び付記-1 臭素系難燃物質排出調査結果 3 分析方法(2) GC/MS 分析条件による。

(4) 検出下限値

表-1 臭素化ダイオキシン類の検出下限

	破碎プラスチック
	ng/g
2,3,7,8-TeBDD	1
1,2,3,7,8-PeBDD	2
1,2,3,6,7,8-HxBDD 1,2,3,4,7,8-HxBDD	10
1,2,3,7,8,9-HxBDD	10
OBDD	10
2,3,7,8-TeBDF	1
1,2,3,7,8-PeBDF	2
2,3,4,7,8-PeBDF	2
1,2,3,4,7,8-HxBDF	10
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	10

表-2 モノ臭素ポリ塩素化ダイオキシン類の検出下限

	破碎プラスチック
	ng/g
2-MoB-3,7,8-TrCDD	0.5
1-MoB-2,3,7,8-TeCDD	1
2-MoB-3,6,7,8,9-PeCDD	1
1-MoB-2,3,7,8,9-HxCDD	1
1-MoB-2,3,4,6,7,8,9-HpCDD	2
3-MoB-2,7,8-TrCDF	0.5
1-MoB-2,3,7,8-TeCDF	1

表-3 塩素化ダイオキシン類の検出下限

	破碎プラスチック
	ng/g
2,3,7,8-TeCDD	0.05
1,2,3,7,8-PeCDD	0.09
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.2
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.2
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.2
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.1
OCDD	0.1
2,3,7,8-TeCDF	0.1
1,2,3,7,8-PeCDF	0.1
2,3,4,7,8-PeCDF	0.2
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.07
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.07
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.07
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.07
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.06
OCDF	0.06
3,4,4',5-TeCB(#81)	0.1
3,3',4,4'-TeCB(#77)	0.2
2',3,4,4',5-PeCB(#123)	0.06
2,3',4,4',5-PeCB(#118)	0.1
2,3,4,4',5-PeCB(#114)	0.1
2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	0.2
3,3',4,4',5-PeCB(#126)	0.1
2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	0.2
2,3,3',4,4',5-HxCB(#156)	0.2
2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	0.2
3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	0.1
2,2',3,4,4',5,5'-HpCB(#180)	0.1
2,2',3,3',4,4',5-HpCB(#170)	0.1
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	0.1

表-4 臭素化ジフェニルエーテルの検出下限

	破碎プラスチック
	μg/g
MoBDEs	0.005
DiBDEs	0.005
TrBDEs	0.005
TeBDEs	0.005
PeBDEs	0.005
HxBDEs	0.01
HpBDEs	0.01
OBDEs	0.01
DeBDE	0.02

表-5 4臭素化ビスフェノールAの検出下限

	破碎プラスチック
	μg/g
TBBPA	0.001

#### 4 破碎プラスチック調査結果（総括表）

表-6 破碎プラスチック中の臭素化ダイオキシン及び塩素化ダイオキシン類の分析結果（毒性等量）

毒性等量(ng-TEQ/g)	R-1施設	R-2施設	R-4施設	R-5施設	R-6施設	R-7施設
PBDDs/DFs(TEQ)	12 ( 14 )	8.1 ( 11 )	30 ( 33 )	7.8 ( 11 )	7.0 ( 10 )	6.8 ( 9.9 )
PCDDs/DFs(TEQ)	0.000024 ( 0.18 )	0.0012 ( 0.18 )	0.000019 ( 0.18 )	0.0000068 ( 0.18 )	0.000017 ( 0.18 )	0.000027 ( 0.18 )
Co-PCB(TEQ)	0.00010 ( 0.0058 )	0.00034 ( 0.0059 )	0.00013 ( 0.0058 )	0.00011 ( 0.0058 )	0.00028 ( 0.0059 )	0.000055 ( 0.0057 )
PCDDs/DFs,Co-PCB(TEQ)	0.00013 ( 0.18 )	0.0015 ( 0.18 )	0.00015 ( 0.18 )	0.00011 ( 0.18 )	0.00030 ( 0.18 )	0.000081 ( 0.18 )

表-7 破碎プラスチック中の臭素化ダイオキシン、塩素化ダイオキシン類及びモノ臭素ポリ塩素化ダイオキシン類の分析結果（実測濃度）

濃度(ng/g)	R-1施設	R-2施設	R-4施設	R-5施設	R-6施設	R-7施設
PBDDs	72	110	11	100	220	13
PBDFs	1200	1100	3400	1100	1100	760
PBDDs/DFs	1300	1200	3400	1200	1300	770
PCDDs/DFs	0.33	0.70	0.35	0.068	0.17	0.74
Co-PCB	1.3	2.8	1.6	1.4	2.5	0.68
PCDDs/DFs,Co-PCB	1.6	3.5	2.0	1.4	2.7	1.4
MoBPCDDs/MoBPCDFs	ND	ND	ND	ND	ND	ND

表-8 破碎プラスチック中のPBDEs及びTBBPAの分析結果（実測濃度）

濃度(μg/g)	R-1施設	R-2施設	R-4施設	R-5施設	R-6施設	R-7施設
PBDEs	61000	40000	57000	68000	41000	53000
TBBPA	6200	5800	3800	1200	1700	5300

- 注1) PBDDs/DFs(TEQ)は、WHO-TEF(1998)によるPCDDs/DFsのTEFに準じて算出した参考値である。  
 注2) PCDDs/DFs,Co-PCB(TEQ)は、WHO-TEF(1998)によるPCDDs/DFsのTEFを用いて算出した値である。  
 TEQ（毒性等量）については、参考資料-3を参照  
 注3) 毒性等量の表中の上段は、検出下限未満を「0」として算出したものである。  
 下段の括弧付の数値は、検出下限未満を検出下限の1/2として算出したものである。  
 注4) 表中の「ND」は、検出下限未満であることを示す。

## 5 まとめ

PBDDs/DFs(毒性等量相当値)については、平均で 12ng-TEQ/g(6.8 ~ 30ng-TEQ/g)であった。

PBDDs/DFs(実測濃度)については、PBDDs で平均 88ng/g(11 ~ 220ng/g)、PBDFs で平均 1400ng/g(760 ~ 3400ng/g)であった。

同族体パターンは、PBDFs、HxBDFs 及び HpBDFs の比率が高かった。また、PBDDs は、TeBDDsのみが検出された(図-2)。

2,3,7,8-位置換異性体では、1,2,3,4,6,7,8-HpBDF の比率が高かった(図-3)。

PCDDs/DFs 及び Co-PCB(毒性等量)については、平均で 0.00038ng-TEQ/g(0.000081 ~ 0.0015ng-TEQ/g)であった。

PCDDs/DFs 及び Co-PCB(実測濃度)については、PCDDs で平均で 0.38ng/g(ND ~ 0.74ng/g)、PCDFs で平均 0.011ng/g(ND ~ 0.068ng/g)、Co-PCB で平均 1.7ng/g(0.68 ~ 2.8ng/g)であった。

同族体パターンは、OCDD 比率が高く、その他 OCDF、TeBDDs、HxCDDs、HpCDDs が検出された(図-4)。

2,3,7,8-位置換異性体(OCDD、OCDF を除く)では、1,2,3,4,6,7,8-HpCDD のみが検出された(図-5)。

また、Co-PCB は、2,3',4,4',5-PeCB(#118)が最も比率が高く、その他 2,3,3',4,4'-PeCB(#105)、2,2',3,4,4',5,5'-HpCB(#180)などが検出された(図-6)。

MoBPCDDs/DFs については、全て不検出であった。

PBDEs については、平均で 53,000  $\mu$ g/g(40,000 ~ 68,000  $\mu$ g/g)であった。

同族体パターンは、DeBDE が大部分を占めていた(図-7)。

TBBPA については、平均で 4,000  $\mu$ g/g(1,200 ~ 6,200  $\mu$ g/g)であった。

## 6 調査結果（個別結果）

表-9 破碎プラスチック中のPBDDs/PBDFs分析結果

実測濃度 (ng/g)		R-1施設	R-2施設	R-4施設	R-5施設	R-6施設	R-7施設
PBDDs	2,3,7,8-TeBDD	1.3	ND	ND	ND	ND	ND
	TeBDDs	72	110	11	100	220	13
	1,2,3,7,8-PeBDD	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	PeBDDs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	1,2,3,6,7,8-HxBDD	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	1,2,3,4,7,8-HxBDD	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	1,2,3,7,8,9-HxBDD	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	HxBDDs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	HpBDDs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	OBDD	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Total PBDDs	72	110	11	100	220	13
PBDFs	2,3,7,8-TeBDF	1.6	1.5	2.2	ND	ND	ND
	TeBDFs	33	33	62	12	33	9.6
	1,2,3,7,8-PeBDF	2.1	5.5	5.5	3.8	4.3	2.1
	2,3,4,7,8-PeBDF	6.7	6.8	15	4.1	4.6	5.5
	PeBDFs	130	280	420	190	260	120
	1,2,3,4,7,8-HxBDF	20	19	70	25	24	16
	HxBDFs	540	440	1200	480	510	350
	1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	480	240	1500	300	210	240
	HpBDFs	480	240	1500	300	210	240
	OBDF	62	150	230	87	77	34
	Total PBDFs	1200	1100	3400	1100	1100	760
Total PBDDs/PBDFs	1300	1200	3400	1200	1300	770	

表-10 破碎プラスチック中のPBDDs/PBDFs・毒性等量

毒性等量* (ng-TEQ/g)	R-1施設	R-2施設	R-4施設	R-5施設	R-6施設	R-7施設
2,3,7,8-TeBDD	1.3	0	0	0	0	0
1,2,3,7,8-PeBDD	0	0	0	0	0	0
1,2,3,6,7,8-HxBDD	0	0	0	0	0	0
1,2,3,4,7,8-HxBDD	0	0	0	0	0	0
1,2,3,7,8,9-HxBDD	0	0	0	0	0	0
OBDD	0	0	0	0	0	0
2,3,7,8-TeBDF	0.16	0.15	0.22	0	0	0
1,2,3,7,8-PeBDF	0.11	0.27	0.27	0.19	0.21	0.10
2,3,4,7,8-PeBDF	3.3	3.4	7.3	2.0	2.3	2.7
1,2,3,4,7,8-HxBDF	2.0	1.9	7.0	2.5	2.4	1.6
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	4.8	2.4	15	3.0	2.1	2.4
OBDF	0.0062	0.015	0.023	0.0087	0.0077	0.0034
Total TEQ	12	8.1	30	7.8	7.0	6.8

\* 毒性等量は、WHO-TEF(1998)によるPCDDs/DFsのTEFに準じて算出した参考値である。

表-11 破碎プラスチック中のMoBPCDDs/MoBPCDFs分析結果

実測濃度 (ng/g)	R-1施設	R-2施設	R-4施設	R-5施設	R-6施設	R-7施設
2-MoB-3,7,8-TrCDD	ND	ND	ND	ND	ND	ND
MoBTrCDDs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1-MoB-2,3,7,8-TeCDD	ND	ND	ND	ND	ND	ND
MoBTeCDDs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-MoB-3,6,7,8,9-PeCDD	ND	ND	ND	ND	ND	ND
MoBPeCDDs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1-MoB-2,3,6,7,8,9-HxCDD	ND	ND	ND	ND	ND	ND
MoBHxCDDs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1-MoB-2,3,4,6,7,8,9-HpCDD	ND	ND	ND	ND	ND	ND
MoBHpCDDs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Total MoBPCDDs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3-MoB-2,7,8-TrCDF	ND	ND	ND	ND	ND	ND
MoBTrCDFs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1-MoB-2,3,7,8-TeCDF	ND	ND	ND	ND	ND	ND
MoBTeCDFs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
MoBPeCDFs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
MoBHxCDFs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
MoBHpCDFs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Total MoBPCDFs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Total MoBPCDDs/MoBPCDFs	ND	ND	ND	ND	ND	ND

表-12 破砕プラスチック中のPCDDs/PCDFs・Co-PCB分析結果

実測濃度 (ng/g)		R-1施設	R-2施設	R-4施設	R-5施設	R-6施設	R-7施設
PCDDs	2,3,7,8-TeCDD	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	TeCDDs	0.092	0.062	0.16	ND	ND	0.077
	1,2,3,7,8-PeCDD	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	PeCDDs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	HxCDDs	ND	0.25	ND	ND	ND	0.22
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	ND	0.12	ND	ND	ND	ND
	HpCDDs	ND	0.12	ND	ND	ND	0.18
	OCDD	0.24	0.27	0.19	ND	0.17	0.27
Total PCDDs	0.33	0.70	0.35	ND	0.17	0.74	
PCDFs	2,3,7,8-TeCDF	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	TeCDFs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	1,2,3,7,8-PeCDF	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2,3,4,7,8-PeCDF	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	PeCDFs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	1,2,3,4,7,8-HxCDF	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2,3,4,6,7,8-HxCDF	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	HxCDFs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	HpCDFs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	OCDF	ND	ND	ND	0.068	ND	ND
Total PCDFs	ND	ND	ND	0.068	ND	ND	
Total PCDDs/PCDFs		0.33	0.70	0.35	0.068	0.17	0.74
Co-PCB	3,4,4',5'-TeCB(#81)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	3,3',4,4'-TeCB(#77)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	3,3',4,4',5'-PeCB(#126)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Total non-ortho CBs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2',3,4,4',5'-PeCB(#123)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2,3',4,4',5'-PeCB(#118)	0.81	1.7	1.0	0.81	1.4	0.55
	2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	0.23	0.44	0.29	0.24	0.40	ND
	2,3,4,4',5'-PeCB(#114)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#156)	ND	0.27	ND	ND	0.21	ND
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Total mono-ortho CBs	1.0	2.4	1.3	1.1	2.0	0.55
2,2',3,4,4',5,5'-HpCB(#180)	0.17	0.21	0.21	0.20	0.31	0.13	
2,2',3,3',4,4',5'-HpCB(#170)	0.10	0.17	0.13	0.12	0.18	ND	
Total di-ortho CBs	0.28	0.38	0.33	0.31	0.49	0.13	
Total Co-PCB		1.3	2.8	1.6	1.4	2.5	0.68
Total PCDDs/PCDFs・Co-PCB		1.6	3.5	2.0	1.4	2.7	1.4
毒性等量 (ng-TEQ/g)	Total PCDDs/DFs	0.000024	0.0012	0.000019	0.0000068	0.000017	0.000027
	Total Co-PCB	0.00010	0.00034	0.00013	0.00011	0.00028	0.000055
	Total PCDDs/DFs・ Co-PCB	0.00013	0.0015	0.00015	0.00011	0.00030	0.000081

表-13 破碎プラスチック中のPBDEs分析結果

実測濃度 ( $\mu\text{g/g}$ )	R-1施設	R-2施設	R-4施設	R-5施設	R-6施設	R-7施設
MoBDEs	0.018	ND	ND	0.063	ND	ND
DiBDEs	0.066	0.060	0.033	0.12	0.0054	0.013
TriBDEs	0.081	0.078	0.15	0.027	0.022	0.018
TeBDEs	0.37	0.39	1.1	0.039	0.26	0.086
PeBDEs	ND	0.38	2.0	0.17	0.5	0.19
HxBDEs	330	13	240	30	78	57
HpBDEs	4100	71	1300	160	430	530
OBDEs	3400	200	1300	410	410	290
NoBDEs	950	850	680	1100	550	470
DeBDE	52000	39000	53000	66000	40000	51000
Total PBDEs	61000	40000	57000	68000	41000	53000

表-14 破碎プラスチック中のTBBPA分析結果

実測濃度 ( $\mu\text{g/g}$ )	R-1施設	R-2施設	R-4施設	R-5施設	R-6施設	R-7施設
TBBPA	6200	5800	3800	1200	1700	5300

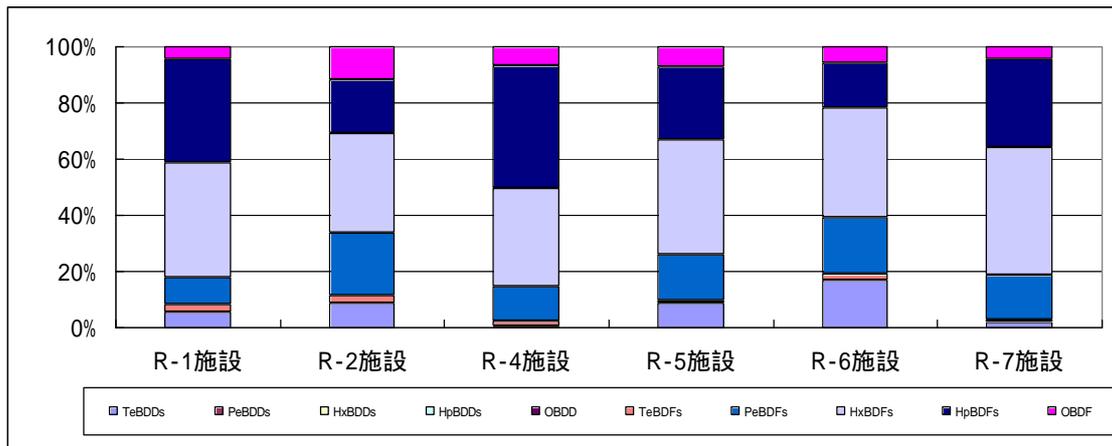


図-2 PBDDs/DFs同族体組成（破碎プラスチック）

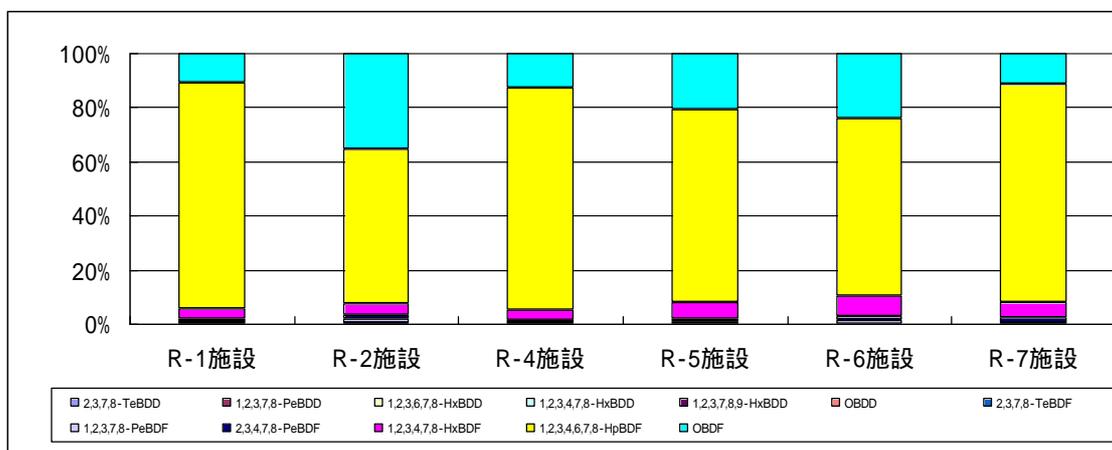


図-3 PBDDs/DFs異性体組成（破碎プラスチック）

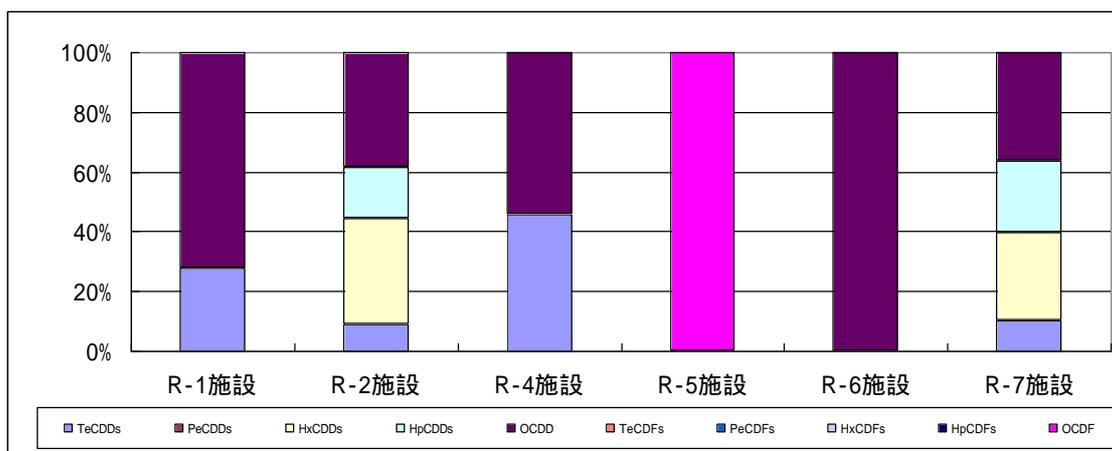


図-4 PCDDs/DFs同族体組成（破碎プラスチック）

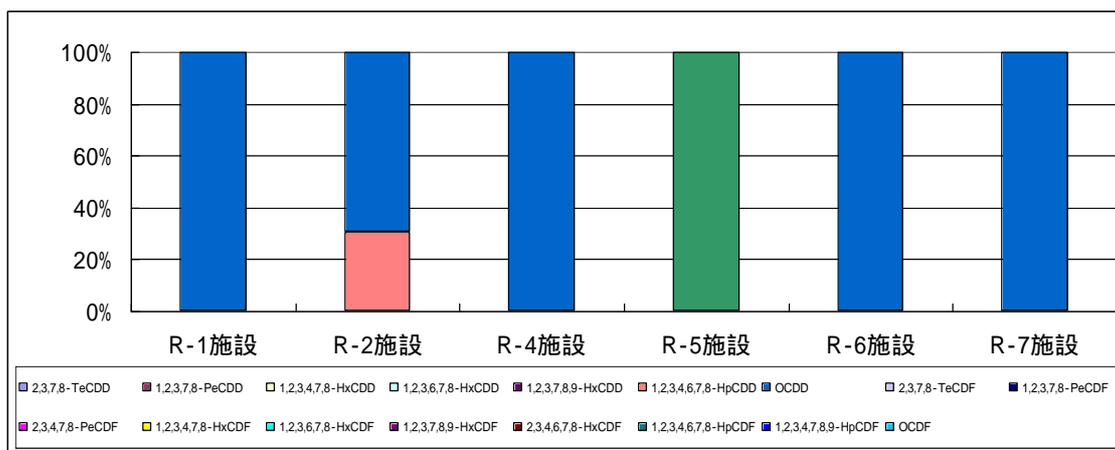


図-5 PCDDs/DFs異性体組成（破碎プラスチック）

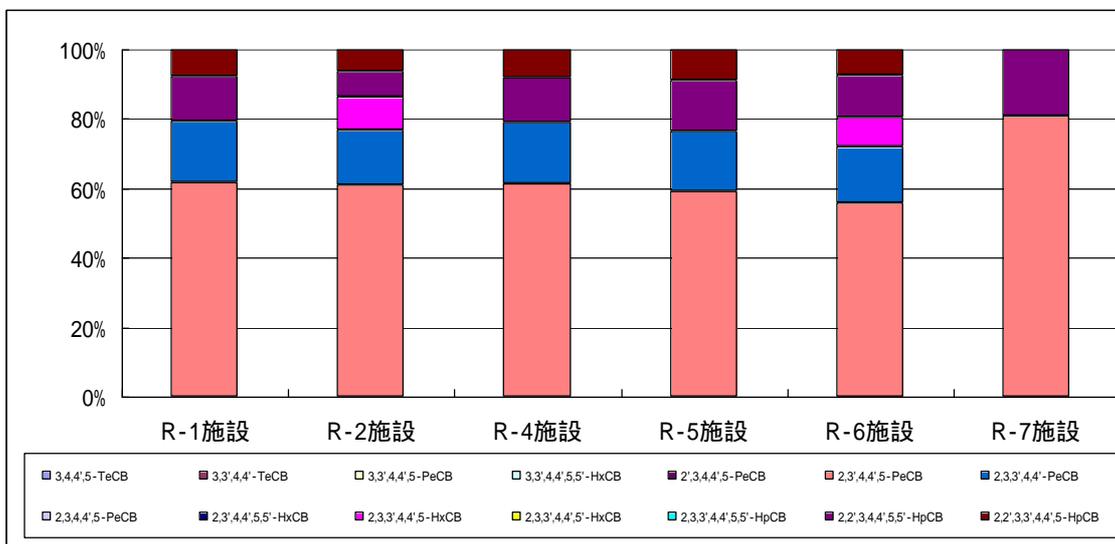


図-6 Co-PCB組成（破碎プラスチック）

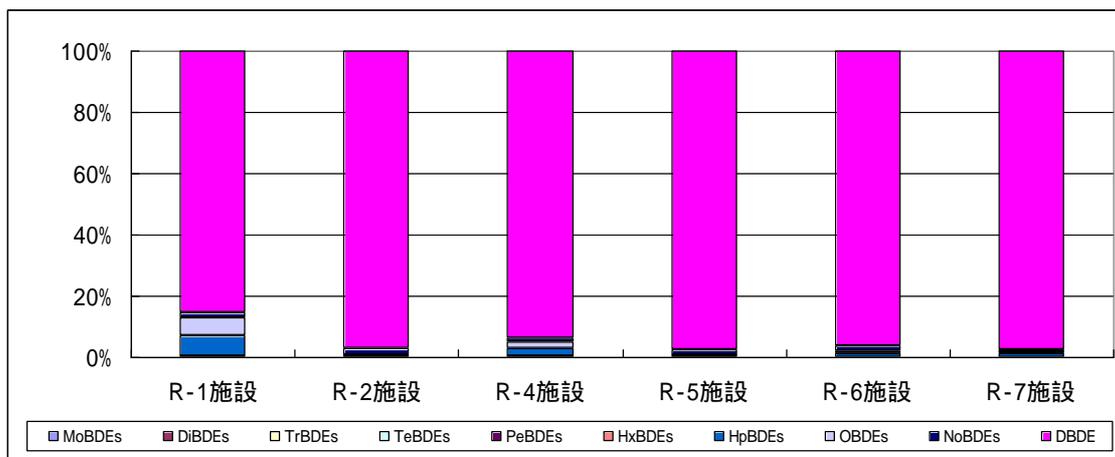


図-7 PBDEs同族体組成（破碎プラスチック）