

平成 29 年度  
臭素系ダイオキシン類排出実態等調査  
結果報告書

平成 30 年  
環境省 水・大気環境局  
総務課 ダイオキシン対策室



## 目 次

### 臭素系ダイオキシン類排出実態等調査

1. 調査目的	1
2. 調査概要	1
3. 試料概要	3
4. 分析方法	4
5. 調査結果（総括表）	17
6. まとめ及び考察	19
別表-1 調査結果（個別結果）	25
別図-1 調査施設概要 （製造工程フロー・排水処理フロー・試料採取箇所・周辺状況）	33
別図-2 媒体別同族体組成	35
別図-3 媒体別異性体組成	39
別表-2 臭素系ダイオキシン類排出実態等調査結果一覧 （2002年度～2014年度）	43
参考資料 国内の難燃剤需要推移及び世界の臭素生産量（推定）	61

## 略語一覧

本調査報告書に使用した主な略語の説明を以下に示す。

PBDDs/DFs	: ホ <sup>°</sup> リブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> ヘ <sup>°</sup> ンゾ <sup>°</sup> -ハ <sup>°</sup> ラ <sup>°</sup> -ジ <sup>°</sup> オキシ <sup>°</sup> ン/ジ <sup>°</sup> ヘ <sup>°</sup> ンゾ <sup>°</sup> フラン
PBDDs	: ホ <sup>°</sup> リブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> ヘ <sup>°</sup> ンゾ <sup>°</sup> -ハ <sup>°</sup> ラ <sup>°</sup> -ジ <sup>°</sup> オキシ <sup>°</sup> ン
PBDFs	: ホ <sup>°</sup> リブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> ヘ <sup>°</sup> ンゾ <sup>°</sup> フラン
TeBDDs	: テトラブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> ヘ <sup>°</sup> ンゾ <sup>°</sup> -ハ <sup>°</sup> ラ <sup>°</sup> -ジ <sup>°</sup> オキシ <sup>°</sup> ン
PeBDDs	: ペンタブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> ヘ <sup>°</sup> ンゾ <sup>°</sup> -ハ <sup>°</sup> ラ <sup>°</sup> -ジ <sup>°</sup> オキシ <sup>°</sup> ン
HxBDDs	: ヘキサブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> ヘ <sup>°</sup> ンゾ <sup>°</sup> -ハ <sup>°</sup> ラ <sup>°</sup> -ジ <sup>°</sup> オキシ <sup>°</sup> ン
HpBDDs	: ヘフ <sup>°</sup> タブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> ヘ <sup>°</sup> ンゾ <sup>°</sup> -ハ <sup>°</sup> ラ <sup>°</sup> -ジ <sup>°</sup> オキシ <sup>°</sup> ン
OBDD	: オクタブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> ヘ <sup>°</sup> ンゾ <sup>°</sup> -ハ <sup>°</sup> ラ <sup>°</sup> -ジ <sup>°</sup> オキシ <sup>°</sup> ン
TeBDFs	: テトラブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> ヘ <sup>°</sup> ンゾ <sup>°</sup> フラン
PeBDFs	: ペンタブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> ヘ <sup>°</sup> ンゾ <sup>°</sup> フラン
HxBDFs	: ヘキサブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> ヘ <sup>°</sup> ンゾ <sup>°</sup> フラン
HpBDFs	: ヘフ <sup>°</sup> タブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> ヘ <sup>°</sup> ンゾ <sup>°</sup> フラン
OBDF	: オクタブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> ヘ <sup>°</sup> ンゾ <sup>°</sup> フラン
PCDDs/DFs	: ホ <sup>°</sup> リクロジ <sup>°</sup> ヘ <sup>°</sup> ンゾ <sup>°</sup> -ハ <sup>°</sup> ラ <sup>°</sup> -ジ <sup>°</sup> オキシ <sup>°</sup> ン/ジ <sup>°</sup> ヘ <sup>°</sup> ンゾ <sup>°</sup> フラン
PBDEs	: ホ <sup>°</sup> リブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> フェニルエーテル
MoBDEs	: モノブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> フェニルエーテル
DiBDEs	: ジ <sup>°</sup> ブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> フェニルエーテル
TrBDEs	: トリブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> フェニルエーテル
TeBDEs	: テトラブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> フェニルエーテル
PeBDEs	: ペンタブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> フェニルエーテル
HxBDEs	: ヘキサブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> フェニルエーテル
HpBDEs	: ヘフ <sup>°</sup> タブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> フェニルエーテル
OBDEs	: オクタブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> フェニルエーテル
NoBDEs	: ノナブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> フェニルエーテル
DeBDE	: デカブ <sup>°</sup> ロモジ <sup>°</sup> フェニルエーテル
TBBPA	: テトラブ <sup>°</sup> ロモヒ <sup>°</sup> スフェノール A
PBPhs	: ホ <sup>°</sup> リブ <sup>°</sup> ロモフェノール
MoBPhs	: モノブ <sup>°</sup> ロモフェノール
DiBPhs	: ジ <sup>°</sup> ブ <sup>°</sup> ロモフェノール
TrBPhs	: トリロモフェノール
TeBPhs	: テトラブ <sup>°</sup> ロモフェノール
PeBPh	: ペンタブ <sup>°</sup> ロモフェノール
HBCDs	: ヘキサブ <sup>°</sup> ロモシクロ <sup>°</sup> テ <sup>°</sup> カン
TEQ	: 毒性等量 (または毒性当量)
TEF	: 毒性等価係数
HRGC/HRMS	: 高分解能ガスクロマトグラフ質量分析計
GC/MS	: ガスクロマトグラフ質量分析計
LC-MS/MS	: 液体クロマトグラフ質量分析計

# 平成 29 年度臭素系ダイオキシン類排出実態調査結果

## 1. 調査目的

本調査は、ダイオキシン類対策特別措置法附則第二条の「政府は、臭素系ダイオキシンにつき、人の健康に対する影響の程度、その発生過程等に関する調査研究を推進し、その結果に基づき、必要な措置を講ずるものとする」との検討規定に基づき、臭素系ダイオキシン類の排出実態等を把握することを目的とする。

## 2. 調査概要

今年度は、難燃繊維加工施設について調査を行った。本調査では、過去の調査で排水処理により削減効果が高い処理設備を有する施設で、排水処理工程における臭素系ダイオキシン類の削減状況について調査を行った。なお、分析項目は、臭素系ダイオキシン類以外に、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る臭素系難燃剤等についても調査を行った。

### 2.1 対象施設

・対象施設は、難燃繊維加工施設。輸送機器用内装材の製造、繊維を染色加工・表面加工・コーティングをしてシート、ドア用ファブリック等の製品を製造している。

・主な主な水処理方法

凝集沈殿法(排水ピット→反応槽→沈殿槽→砂ろ過槽→中和槽→  
生物活性炭吸着槽→迂流槽)

・使用難燃剤

DeBDE、DeBDE 以外の臭素系難燃剤及びリン系難燃剤を使用

※平成 27 年度調査施設(B)と同一施設。

### 2.2 調査媒体

調査対象施設関連項目

調査対象施設からの排出の可能性が高いと考えられる水系への排出を把握するとともに各排水工程における処理状況を把握するため、以下の媒体について調査した。別図-1 に調査施設概要(製造工程フロー・排水処理フロー・試料採取箇所)を示す。

・ 排水水

(工程水・総合排水)

・ 汚泥

### 2.3 分析項目

臭素系ダイオキシン類とは、PCDD/Fs の塩素が 1 つ以上臭素に置換したものであり、PCDD/Fs の全ての塩素が臭素に置換した PBDD/Fs、塩素が 1 つだけ臭素に置

換したモノ臭素化塩素化ダイオキシン類(MoBPCDD/Fs), 塩素が2つ臭素に置換したジ臭素化塩素化ダイオキシン類(DiBPCDD/Fs)等の総称であるが、本調査では、臭素系ダイオキシン類の中の臭素化ダイオキシン類(PBDD/Fs)について分析項目とする。

(1) 臭素化ダイオキシン類(PBDD/Fs)

a. 2,3,7,8-位臭素置換異性体

2,3,7,8-TeBDD、1,2,3,7,8-PeBDD、1,2,3,4,7,8-HxBDD、  
1,2,3,6,7,8-HxBDD、1,2,3,7,8,9-HxBDD、1,2,3,4,6,7,8-HpBDD、OBDD、  
2,3,7,8-TeBDF、1,2,3,7,8-PeBDF、2,3,4,7,8-PeBDF、  
1,2,3,4,7,8-HxBDF、1,2,3,4,6,7,8-HpBDF、OBDF

b. 同族体

TeBDDs、PeBDDs、HxBDDs、HpBDDs、OBDD、  
TeBDFs、PeBDFs、HxBDFs、HpBDFs、OBDF

(2) ポリブロモジフェニルエーテル(PBDEs)

a. PBDEsの異性体

4,4'-DiBDE(#15)、2,4,4'-TrBDE(#28)、2,2',4,4'-TeBDE(#47)、  
2,2',4,4',5-PeBDE(#99)、2,2',4,4',6-PeBDE(#100)、  
2,2',4,4',5,5'-HxBDE(#153)、2,2',4,4',5,6'-HxBDE(#154)、  
2,2',3,4,4',5',6-HpBDE(#183)、DeBDE(#209)

b. PBDEsの同族体

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

(3) テトラブロモビスフェノール A (TBBPA)

(4) ブロモフェノール(BPhs)

a. BPhsの異性体

2-MoBPh、3/4-MoBPh、2,6-DiBPh、2,5/3,5-DiBPh、2,4-DiBPh、3,4-DiBPh、  
2,3-DiBPh、2,4,6-TrBPh、2,3,6-TrBPh、2,4,5-TrBPh、2,3,5-TrBPh、  
3,4,5-TrBPh、2,3,4-TrBPh、2,3,4,5-TeBPh、2,3,4,6-TeBPh、2,3,5,6-TeBPh

b. PBPhsの同族体

MoBPhs、DiBPhs、TrBPhs、TeBPhs、PeBPh

(5) ヘキサブロモシクロドデカン(HBCDs)

$\alpha$ -HBCD、 $\beta$ -HBCD、 $\gamma$ -HBCD

(6) デカブロモジフェニルエタン(DBDPE)

## 2.4 試料採取箇所

施設採取箇所を表 1 に示す。

表 1 採取試料一覧表

媒体	採取場所
排水水(工程水)-1	流量調整槽
排水水(工程水)-2	原水ピット出口
排水水(工程水)-3	沈殿槽出口
排水水(工程水)-4	中和槽出口
総合排水	最終放流口
汚泥	攪拌槽(乾燥炉前)、乾燥炉出口

## 3. 試料概要

### (1) 排水水

表 2 排水水試料の概況(1)

採取場所	採取回数	pH	水温(°C)	気温(°C)	透視(cm)
流量調整槽	1回目	7.24	28.2	16.0	1.5
原水ピット出口	1回目	7.58	18.4	20.5	7.0
	2回目	9.51	19.9	21.0	6.5
	3回目	9.56	20.0	22.5	6.5
	4回目	9.38	20.8	22.5	7.5
沈殿槽出口	1回目	8.44	19.6	23.5	>30
	2回目	8.75	19.8	23.0	>30
	3回目	8.62	19.8	21.5	>30
	4回目	8.86	19.7	18.5	>30
中和槽出口	1回目	7.99	20.0	22.5	>30
	2回目	6.98	19.4	18.5	>30
	3回目	7.17	19.3	16.0	>30
	4回目	7.27	19.7	14.5	>30
最終放流口	1回目	7.12	23.9	18.0	>30
	2回目	7.21	28.1	16.0	>30
	3回目	7.20	22.5	14.5	>30
	4回目	7.23	21.2	14.5	>30

※排水水は、排水処理工程の時間を考慮して各4回採取した試料をコンポジットして、1つの試料とした。(流量調整槽を除く)

表 3 排出水試料の概況(2)

採取場所	臭化物イオン(mg/L)	電気伝導度(mS/m)	SS(mg/L)	外観
流量調整槽	11	230	96	濃緑黒色
原水ピット出口	0.6	93	49	濃褐色
沈殿槽出口	0.8	170	11	淡黄色
中和槽出口	0.7	170	6.7	淡黄色
最終放流口	0.6	130	2.9	無色

(2) 汚泥

汚泥については、乾燥前の汚泥と乾燥後(160~180℃:1h)の汚泥を採取した。

4. 分析方法

4.1 分析方法

a. PBDD/Fs

「ポリブロモジベンゾ-パラ-ジオキシン及びポリブロモジベンゾフランの暫定調査方法」(平成 19 年 3 月 環境省水・大気環境局総務課ダイオキシン対策室)により測定を行った。各媒体別の試料抽出フロー図 1~2 により抽出後、各媒体共通分析フロー図 3 により測定を行った。

b. PBDEs

各媒体別の試料抽出フロー図 1~2 により抽出後、各媒体共通分析フロー図 4 により測定を行った。

c. TBBPA

各媒体別の試料抽出フロー図 1~2 により抽出後、各媒体共通分析フロー図 4 により測定を行った。

d. PBPhs

各媒体別の試料抽出フロー図 1~2 により抽出後、各媒体共通分析フロー図 4 により測定を行った。

e. HBCDs

各媒体別の試料抽出フロー図 1~2 により抽出後、各媒体共通分析フロー図 4 により測定を行った。

f. DBDPE

各媒体別の試料抽出フロー図 1~2 により抽出後、各媒体共通分析フロー図 4 により測定を行った。



## 4.2 試料採取の概要

### a. 排出水

採取場所において、ステンレス製バケツ類、杓により水をくみ取り、褐色ガラス瓶の10%の空間が残る程度まで採取場所の水を採水した。

### b. 汚泥

採取場所において、乾燥前汚泥は、ステンレス製杓で採取、乾燥後の汚泥は、ステンレス製スコップにより褐色ガラス瓶に採取した。

## 4.3 分析フロー

各媒体別の試料抽出フローを図1～図2に示す。また、各媒体共通の分析フローを図3及び図4に示す。

### a. 排出水

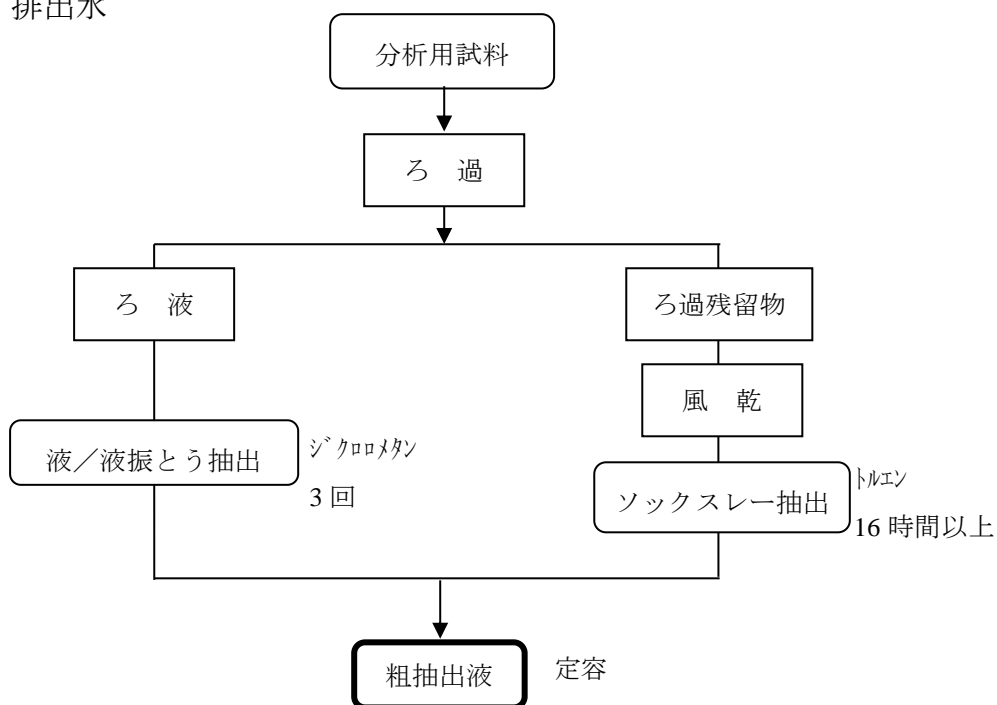


図1 排出水抽出分析フロー

### b. 汚泥

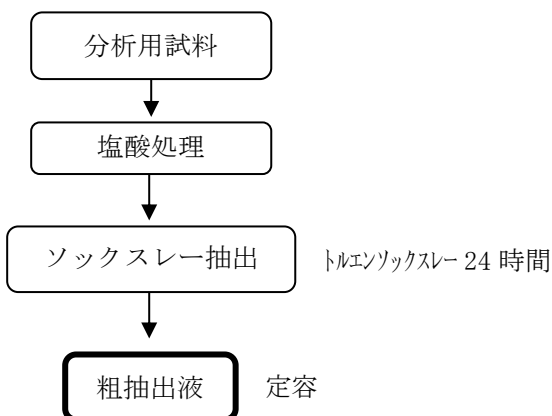


図2 汚泥抽出分析フロー

c. 各媒体共通分析フロー

① PBDD/Fs

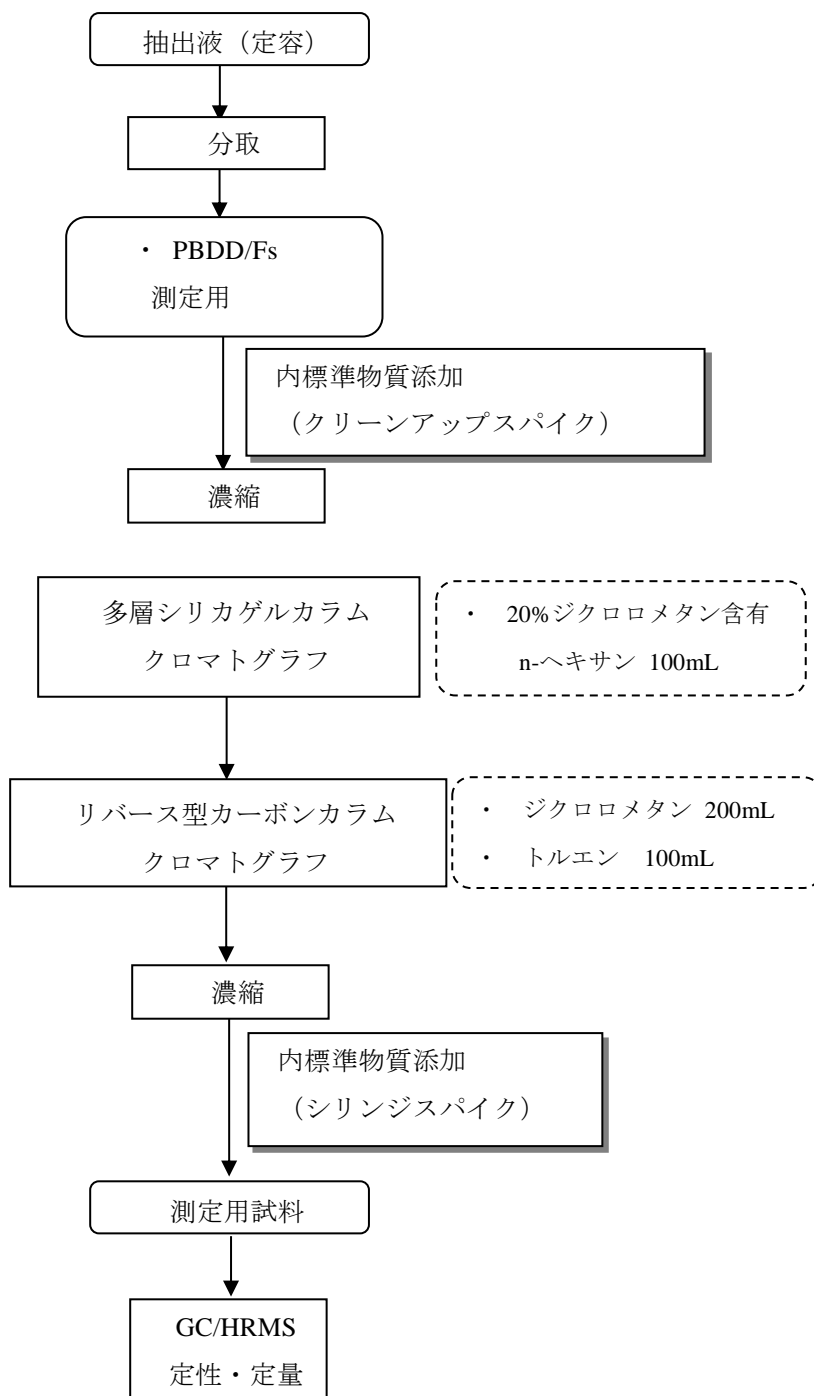


図 3 各媒体共通分析フロー(1)

② PBDEs、TBBPA、PBPhs、HBCDs、DBDPE

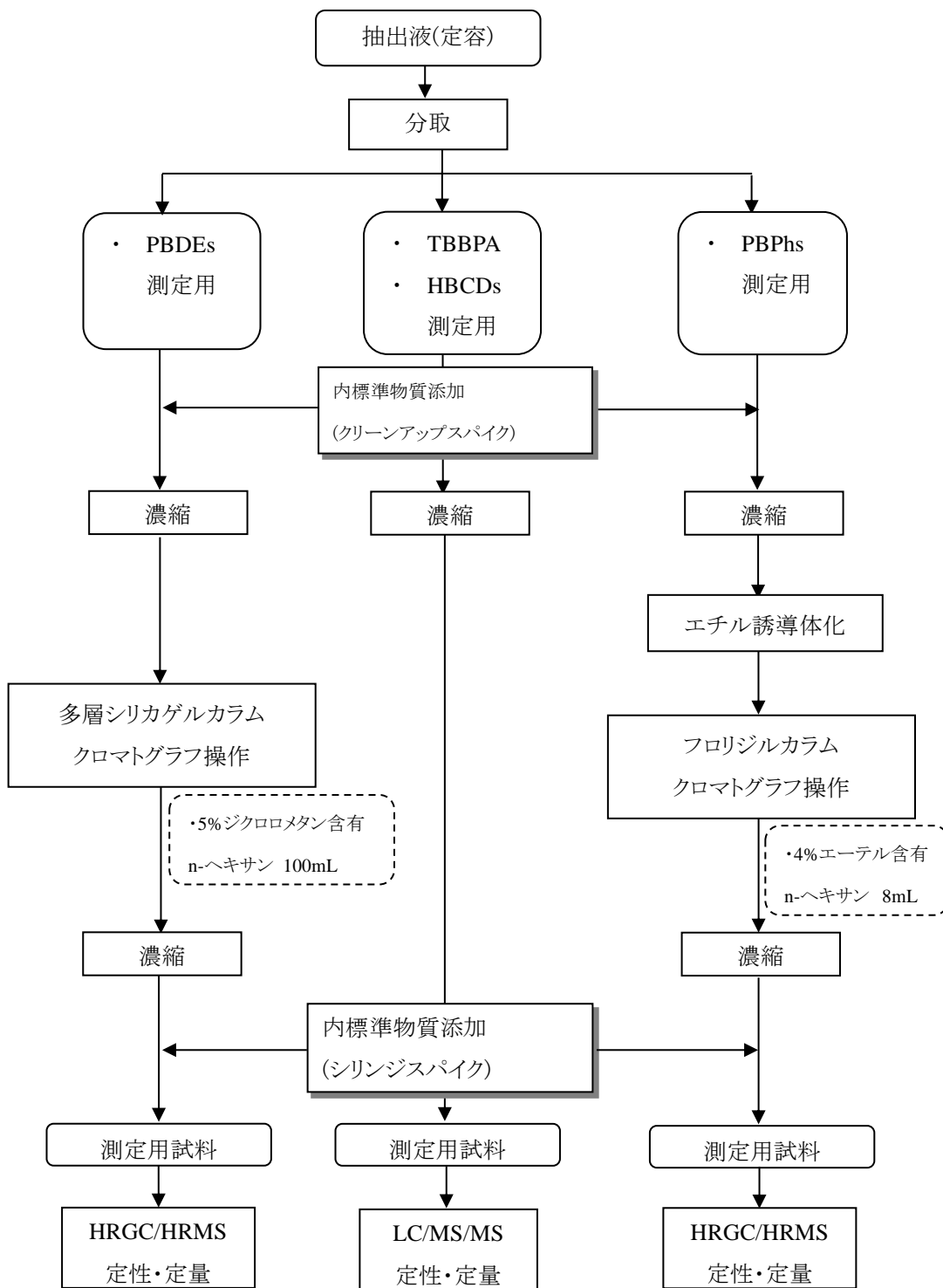


図4 各媒体共通分析フロー(2)

#### 4.4 HRGC/HRMS 分析条件

##### (1) PBDD/Fs

###### a. 分析装置

GC: HP-6890 (Agilent 社製)

MS: JMS-700 MStation (日本電子社製)

###### b. GC 部条件

###### ① 4~6 臭素化体

- ・ 分離カラム: DB-17HT (J&W 社製)

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

- ・ カラム温度: 150°C (2min hold) → 10°C/min → 220°C → 5°C/min → 280°C (20min hold) → 20°C/min → 310°C (14min hold)

- ・ 注入方法 : スプリットレス法

###### ② 7~8 臭素化体

- ・ 分離カラム: DB-5MS (J&W 社製)

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

- ・ カラム温度: 170°C (1min hold) → 15°C/min → 260°C → 10°C/min → 310°C (8min hold)

- ・ 注入方法 : スプリットレス法

###### c. MS 部条件

MS 設定条件及び設定質量数を表 4~表 7 に示す。

###### ① 4~6 臭素化体

- ・ MS 設定条件

表 4 MS 設定条件

イオン化方法	EI
イオン化電圧	38eV
イオン化電流	600 μA
加速電圧	10kV
インターフェース温度	280°C
イオン源温度	280°C
分解能	10,000 以上

###### ② 7~8 臭素化体

- ・ MS 設定条件

表 5 MS 設定条件

イオン化方法	EI
イオン化電圧	38eV
イオン化電流	600 μA
加速電圧	9kV
インターフェース温度	280°C
イオン源温度	280°C
分解能	10,000 以上

表 6 設定質量数

	(M+2) <sup>+</sup>	(M+4) <sup>+</sup>	(M+6) <sup>+</sup>	(M+8) <sup>+</sup>
TeBDDs	497.6924	499.6904		
PeBDDs		577.6009	579.5989	
HxBDDs		655.5114	657.5094	
HpBDDs			735.4199	737.4179
OBDD			813.3304	815.3284
TeBDFs	481.6975	483.6955		
PeBDFs		561.6060	563.6039	
HxBDFs		639.5165	641.5145	
HpBDFs			719.4250	721.4230
OBDF			797.3355	799.3335

表 7 設定質量数(内標準物質)

	(M+2) <sup>+</sup>	(M+4) <sup>+</sup>	(M+6) <sup>+</sup>	(M+8) <sup>+</sup>
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -TeBDDs	509.7327	511.7307		
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PeBDDs		589.6412	591.6391	
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -HxBDDs		667.5517	669.5496	
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -HpBDDs			747.4601	749.4581
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -OBDD			825.3706	827.3686
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -TeBDFs	493.7378	495.7357		
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PeBDFs		573.6462	575.6442	
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -HxBDFs		651.5568	653.5547	
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -HpBDFs			731.4653	733.4632
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -OBDF			809.3757	811.3737

## (2) PBDEs

## a. 分析装置

GC: HP-6890 (Agilent 社製)

MS: JMS-700 MStation (日本電子社製)

## b. GC 部条件

## ① 1~7 臭素化体

- ・ 分離カラム: HP-5MS (Agilent 社製)

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

- ・ カラム温度: 90°C (2min hold) → 10°C/min → 190°C → 5°C/min → 280°C (13min hold) → 15°C/min → 310°C (20min hold)

- ・ 注入方法 : スプリットレス法

## ② 8~10 臭素化体

- ・ 分離カラム: DB-5MS (J&W 社製)

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

- ・ カラム温度 : 170°C (1min hold) → 15°C/min → 260°C → 10°C/min → 310°C (8min hold)
- ・ 注入方法 : スプリットレス法

c. MS 部条件

MS 設定条件及び設定質量数を表 8～表 11 に示す。

① 1～7 臭素化体

- ・MS 設定条件

表 8 MS 設定条件

イオン化方法	EI
イオン化電圧	38eV
イオン化電流	600 μ A
加速電圧	10kV
インターフェース温度	280°C
イオン源温度	280°C
分解能	10,000 以上

② 8～10 臭素化体

- ・MS 設定条件

表 9 MS 設定条件

イオン化方法	EI
イオン化電圧	38eV
イオン化電流	600 μ A
加速電圧	9kV
インターフェース温度	280°C
イオン源温度	280°C
分解能	10,000 以上

表 10 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)-2Br] <sup>+</sup> 641.5145	※[(M+8)-2Br] <sup>+</sup> 643.5125			801.3491	803.3471
NoBDEs	※[(M+8)-2Br] <sup>+</sup> 719.4250	※[(M+10)-2Br] <sup>+</sup> 721.4230			879.2596	881.2576
DeBDE	※[(M+8)-2Br] <sup>+</sup> 797.3355	※[(M+10)-2Br] <sup>+</sup> 799.3335			957.1701	959.1681

※フラグメントイオン

表 11 設定質量数(内標準物質)

	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> -OBDEs	※[(M+4)-2Br] <sup>+</sup> 651.5568		※[(M+6)-2Br] <sup>+</sup> 653.5547		813.3894	815.3874
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -NoBDEs	※[(M+8)-2Br] <sup>+</sup> 731.4652		※[(M+10)-2Br] <sup>+</sup> 733.4632		891.2999	893.2979
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -DeBDE	※[(M+8)-2Br] <sup>+</sup> 809.3757		※[(M+10)-2Br] <sup>+</sup> 811.3737		969.2104	971.2084

※フラグメントイオン

(3) TBBPA 及び HBCDs

a. 分析装置

LC: 1200 シリーズ (Agilent 製)

MS/MS: Triple Quad 5500 (AB SCIEX 社製)

b. LC 部条件

分離カラム: Develosil C30-UG-5 2.1mm×150mm (野村化学製)

移動相: A:10mM 酢酸アンモニウム溶液 B:CH<sub>3</sub>CN

A:B=65:35 (1min)→(15min)→0:100 (5min)

- ・流速:0.2mL/min
- ・カラム温度:40°C
- ・注入量:10 μ L

c. MS/MS 部条件

MS/MS 設定条件及び設定質量数を表 12～表 14 に示す。

- ・MS/MS 設定条件

表 12 MS 設定条件

インターフェース	エレクトロスプレー (ESI)
モード	negative
カーテンガス (CUR)	40psi
イオンスプレー電圧 (IS)	-4500V
プローブ温度 (TEM)	600°C
コリジョンガス (CAD)	5psi
イオンソースガス 1	50psi
イオンソースガス 2	40psi

表 13 設定質量数

	プレカーサーイオン	プロダクトイオン
TBBPA	542.5	78.8
HBCDs	640.3	81.0

表 14 設定質量数(内標準物質)

	プレカーサーイオン	プロダクトイオン
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -TBBPA	554.6	80.7
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -HBCDs	652.5	78.9
d <sub>16</sub> -BPA (ビスフェノール A)	241.0	141.9

(4) PBPhs

a. 分析装置

GC: HP-6890 (Agilent 社製)

MS: JMS-700 MStation (日本電子社製)

b. LC 部条件

分離カラム: HP-5MS (Agilent 社製)

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

カラム温度: 60°C (1min hold) → 15°C/min → 220°C → 25°C/min → 320°C (5min hold)

・注入方法 : スプリットレス法

c. MS 部条件

MS 設定条件及び設定質量数を表 15～表 16 に示す。

・MS 設定条件

表 15 MS 設定条件

イオン化方法	EI
イオン化電圧	38eV
イオン化電流	600 μA
加速電圧	10kV
インターフェース温度	250°C
イオン源温度	250°C
分解能	10,000 以上



表 16 設定質量数

	M <sup>+</sup>	(M+2) <sup>+</sup>	(M+4) <sup>+</sup>	(M+6) <sup>+</sup>
MoBPhs	171.9524	173.9504		
DiBPhs	249.8629	251.8609		
TrBPhs		329.7714	331.7693	
TeBPhs		407.6819	409.6798	
PeBPh			487.5903	489.5883

表 17 設定質量数(内標準物質)

	M <sup>+</sup>	(M+2) <sup>+</sup>	(M+4) <sup>+</sup>	(M+6) <sup>+</sup>
<sup>13</sup> C <sub>6</sub> -MoBPhs	177.9725	179.9705		
<sup>13</sup> C <sub>6</sub> -DiBPhs	255.8830	257.8810		
<sup>13</sup> C <sub>6</sub> -TrBPhs		335.7915	337.7894	
<sup>13</sup> C <sub>6</sub> -TeBPhs		413.7020	415.6999	
<sup>13</sup> C <sub>6</sub> -PeBPh			493.6104	495.6084

## (5) DBDPE

## a. 分析装置

GC: HP-6890 (Agilent 社製)

MS: JMS-700 MStation (日本電子社製)

## b. GC 部条件

分離カラム: DB-5MS (J&amp;W 社製)

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

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

・注入方法 : スプリットレス法

## c. MS 部条件

MS 設定条件及び設定質量数を表 18～表 20 に示す。

## ・MS 設定条件

表 18 MS 設定条件

イオン化方法	EI
イオン化電圧	38eV
イオン化電流	600 μA
加速電圧	9kV
インターフェース温度	280°C
イオン源温度	280°C
分解能	10,000 以上

表 19 設定質量数

	$[(M+4)-C_7H_2Br_5]^+$	$[(M+6)-C_7H_2Br_5]^+$
DBDPE	484.6032	486.6012

※フラグメントイオン

表 20 設定質量数(内標準物質)

	$[(M+4)-C_7H_2Br_5]^+$	$[(M+6)-C_7H_2Br_5]^+$
$^{13}C_{14}$ -DBDPE	491.6267	493.6246

※フラグメントイオン

#### 4.5 検出下限値

検出下限算出方法

$$C_{DL} = DL \times \frac{v}{v_i} \times \frac{V_E}{V'_E} \times \frac{1}{V}$$

$C_{DL}$  : 試料における検出下限 (pg (ng) / 試料単位)

DL : 測定方法の検出下限 (pg (ng))

$v_i$  : HRGC/HRMS (LC/MS/MS) への注入量 ( $\mu$  L)  $v$  : 測定試料の液量 ( $\mu$  L)

$V_E$  : 抽出液量 (mL)  $V'_E$  : 抽出液の分取量 (mL)

$V$  : 試料量

検出下限算出に用いた試料量

排水: 25L, 汚泥: 20g

表 21 PBDD/Fs 検出下限値一覧表

試料の種類	排水(1)	排水(2)	汚泥
単位	pg/L	pg/L	ng/g-dry
2,3,7,8-TeBDD	0.2	0.03	0.002
1,2,3,7,8-PeBDD	0.5	0.09	0.006
1,2,3,4,7,8-HxBDD	2	0.5	0.03
1,2,3,6,7,8-HxBDD	3	0.6	0.04
1,2,3,7,8,9-HxBDD	2	0.4	0.03
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	2	0.4	0.02
OBDD	5	0.9	0.06
2,3,7,8-TeBDF	0.2	0.03	0.002
1,2,3,7,8-PeBDF	0.7	0.1	0.009
2,3,4,7,8-PeBDF	1	0.2	0.01
1,2,3,4,7,8-HxBDF	2	0.4	0.03
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	2	0.4	0.02
OBDF	5	1	0.06

※排水(1): 工程水、排水(2): 最終放流水

※ 検出下限値は、分取量により異なる場合がある。

表 22 PBDEs、TBBPA 検出下限値一覧表

試料の種類	排水(1)	排水(2)	汚泥
単位	ng/L	ng/L	ng/g-dry
MoBDEs	0.02	0.02	0.03
4,4'-DiBDE (#15)	0.02	0.02	0.03
DiBDEs	0.02	0.02	0.03
2,4,4'-TrBDE (#28)	0.04	0.04	0.04
TrBDEs	0.04	0.04	0.05
2,2',4,4'-TeBDE (#47)	0.03	0.03	0.04
TeBDEs	0.06	0.06	0.08
2,2',4,4',6-PeBDE (#100)	0.03	0.03	0.04
2,2',4,4',5-PeBDE (#99)	0.05	0.05	0.06
PeBDEs	0.05	0.05	0.06
2,2',4,4',5,6'-HxBDE (#154)	0.04	0.04	0.05
2,2',4,4',5,5'-HxBDE (#153)	0.06	0.06	0.08
HxBDEs	0.1	0.1	0.1
2,2',3,4,4',5',6'-HpBDE (#183)	0.09	0.09	0.1
HpBDEs	0.09	0.09	0.1
OBDEs	0.05	0.05	0.07
NBDEs	0.1	0.1	0.2
2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'-DeBDE (#209)	0.2	0.2	0.2
TBBPA	0.1	0.1	0.8

※排水(1): 工程水、排水(2): 最終放流水

※ 検出下限値は、分取量により異なる場合がある。

表 23 PBPhs 及び HBCDs 検出下限値一覧表

試料の種類	排水(1)	排水(2)	汚泥
単位	ng/L	ng/L	ng/g-dry
2-bromophenol	0.5	0.2	0.6
3-bromophenol	0.5	0.2	0.6
4-bromophenol	0.5	0.2	0.6
2,3-dibromophenol	0.5	0.2	0.6
2,4-dibromophenol	0.5	0.2	0.6
2,5-dibromophenol	0.5	0.2	0.6
2,6-dibromophenol	0.5	0.2	0.6
3,4-dibromophenol	0.5	0.3	0.6
3,5-dibromophenol	0.5	0.3	0.6
2,3,4-tribromophenol	0.4	0.2	0.5
2,3,5-tribromophenol	0.4	0.2	0.5
2,3,6-tribromophenol	0.4	0.2	0.5
3,4,5-tribromophenol	0.4	0.2	0.5
2,4,5-tribromophenol	0.4	0.2	0.5
2,4,6-tribromophenol	0.4	0.2	0.5
2,3,4,5-tetrabromophenol	0.4	0.2	0.5
2,3,4,6-tetrabromophenol	0.4	0.2	0.5
2,3,5,6-tetrabromophenol	0.4	0.2	0.5
2,3,4,5,6-pentabromophenol	0.4	0.2	0.5
$\alpha$ -HBCD	0.1	0.1	0.9
$\beta$ -HBCD	0.05	0.05	0.3
$\gamma$ -HBCD	0.2	0.2	1
DBDPE	1	0.5	1

※排水(1): 工程水、排水(2): 最終放流水

※ 検出下限値は、分取量により異なる場合がある。

## 5. 調査結果(総括表)

### (1) 臭素系ダイオキシン類(PBDD/Fs)

#### a. 排出水

表 24 排出水の分析結果(実測濃度)(pg/L)

物質名	流量調整槽	原水ピット 出口	沈殿槽 出口	中和槽 出口	最終放流口
PBDDs	ND	39	ND	ND	ND
PBDFs	7	9,100	0.6	ND	10
PBDD/Fs	7	9,100	0.6	ND	10

表 25 排出水の分析結果(毒性等量相当値)(pg-TEQ/L)

物質名	流量調整槽	原水ピット 出口	沈殿槽 出口	中和槽 出口	最終放流口
PBDDs	1.4	2.7	0.66	0.71	0.13
	0	0.012	0	0	0
PBDFs	0.60	17	0.27	0.27	0.072
	0.07	17	0	0	0.019
PBDD/Fs	2.0	20	0.93	0.98	0.20
	0.07	17	0	0	0.019

注 1) PBDD/Fs(TEQ)は、WHO-TEF(2006)による PCDDs/DFs の TEF に準じて算出した参考値である。

注 2) 毒性等量相当値の表中の上段は、検出下限値未満を検出下限値の 1/2 として算出したものである。

下段の数値は、検出下限値未満を「0」として算出したものである。

#### b. 汚泥

表 26 汚泥の分析結果(実測濃度)(ng/g-dry)

物質名	汚泥	
	乾燥前	乾燥後
PBDDs	ND	1.3
PBDFs	7.0	63
PBDD/Fs	7.0	65

表 27 汚泥の分析結果(毒性等量相当値)(ng-TEQ/g-dry)

物質名	汚泥	
	乾燥前	乾燥後
PBDDs	0.0091	0.0094
	0	0.00034
PBDFs	0.053	0.28
	0.053	0.28
PBDD/Fs	0.062	0.29
	0.053	0.28

注 1) PBDD/Fs(TEQ)は、WHO-TEF(2006)による PCDDs/DFs の TEF に準じて算出した参考値である。

注 2) 毒性等量相当値の表中の上段は、検出下限値未満を検出下限値の 1/2 として算出したものである。

下段の数値は、検出下限値未満を「0」として算出したものである。

(2) 臭素系難燃物質 (PBDEs、TBBPA、PBPhs、HBCDs 及び DBDPE)

a. 排水水

表 28 排水水における PBDEs、TBBPA、PBPhs、HBCDs 及び DBDPE の  
分析結果 (ng/L)

物質名	流量調整槽	原水ピット 出口	沈殿槽 出口	中和槽 出口	最終放流口
PBDEs	30	4,200	76	53	9.3
DeBDE	29	4,100	76	53	9.2
TBBPA	34	5.4	2.8	3.4	3.7
PBPhs	94	160	870	600	290
HBCDs	0.3	25	ND	0.2	3.2
DBDPE	3.5	13,000	410	270	33

注) 表中の「ND」は、検出下限値未満であることを示す。

b. 汚泥

表 29 汚泥における PBDEs、TBBPA、PBPhs、HBCDs 及び DBDPE の  
分析結果 (ng/g-dry)

物質名	汚泥	
	乾燥前	乾燥後
PBDEs	36,000	36,000
DeBDE	36,000	35,000
TBBPA	ND	ND
PBPhs	140	83
HBCDs	27	22
DBDPE	18,000	22,000

注) 表中の「ND」は、検出下限値未満であることを示す。

## 6. まとめ考察

難燃繊維加工施設における排水処理工程での臭素系ダイオキシン類の削減状況等について、調査結果のまとめを以下に示す。

なお、臭素系ダイオキシン類については、国際的に合意された毒性等価係数(TEF)はないが、2011年にWHOと国連環境計画(UNEP)が合同専門家会議を開催し、臭素化ダイオキシン類の毒性等価係数設定に関する論議が行われ、ヒトのリスク評価において臭素化ダイオキシン類と塩素化ダイオキシン類には、同様のTEF値を使用することが推奨されている。※1ここでは、臭素化ダイオキシン類については、実測濃度とともに、塩素化ダイオキシン類のWHO-TEF(2006)に準じて算出した毒性等量相当値※2についても、参考値として併せて示している。

(※1) van den Berg *et al.* (2013) Polybrominated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans, and biphenyls: inclusion in the toxicity equivalency factor concept for dioxin-like compounds. *Toxicological Sciences*, 133(2), 197–208.

(※2)まとめで用いた毒性等量相当値は、検出下限値未満の検出値に対しては、下限値の「1/2」として算出した値を用いた。

本調査では、流量調整槽、原水ピットから最終放流口の5ヵ所及び汚泥(乾燥前・乾燥後)について試料採取を行ったが、流量調整槽では、染色排水が中和された水が流入するが、本調査時には臭素系難燃剤の使用が少ない排水のため、流量調整槽より後工程であるが、他の工程時の排水や汚泥がある原水ピット(流量調整槽より排水処理をされた排水が流入)からの削減効果を確認した。

### (1) 排水

#### a. PBDD/Fs

PBDD/Fsについては、過去に調査を行った2015年度原水ピットにおける実測濃度(29,000 pg/L)と最終放流口における実測濃度(270 pg/L)よりも本調査の方が原水ピットにおける実測濃度(9,100 pg/L)及び最終放流口における実測濃度(10 pg/L)と低く、最終放流口では、低濃度に管理されていた。各工程における濃度推移では、原水ピット～沈殿槽を出たところで低濃度になっており、約99.9%のPBDD/Fsが削減されていた。2015年度の分析結果と本調査の分析結果を図5に示す。また、原水ピットを基準とした各工程でのPBDD/Fsの削減率(%)を図6に示す。

同族体組成では、原水ピットはOBDF(80%)の比率が高く、最終放流口でも、OBDF(30%)の比率が最も高いが、HxBDFs(23%)、HpBDFs(19%)、TeBDFs(17%)、PeBDFs(12%)の比率が高かった。(別図-2 媒体別同族体組成 図-1)。

異性体組成では、原水ピットはOBDF(91%)の比率が高く、最終放流口では、OBDF(61%)及び1,2,3,4,6,7,8-HpBDF(39%)の比率が高かった。(別図-3 媒体別異性体組成 図-1)。

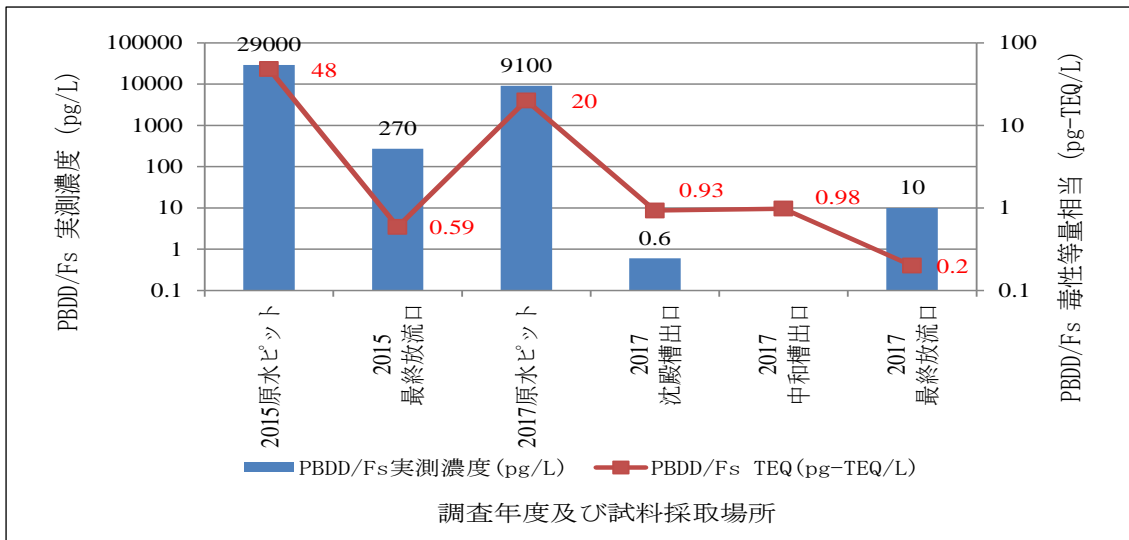


図 5 2015 年度の分析結果と 2017 年度調査の分析結果 (PBDD/Fs)

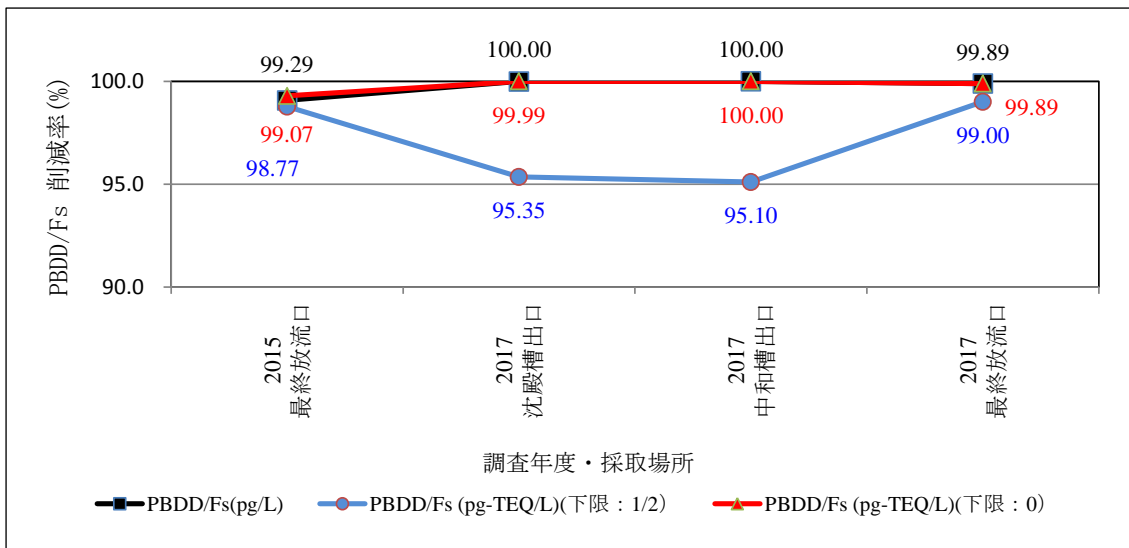


図 6 排水工程における PBDD/Fs 削減率 (%)

### b. PBDEs

PBDEs については、PBDD/Fs の発生源として影響が大きい物質であるが、2015 年度調査では、原水ピットで実測濃度 (330,000ng/L) であったが、2017 年度では、実測濃度 (4,200ng/L) と濃度が 2 桁程度低くなっている。また、最終放流口でも 2015 年度調査では、実測濃度 (1,000ng/L)、2017 年度では、実測濃度 (9.3ng/L) と 2 桁程度低い値となっている。PBDD/Fs と同様に 2015 年度の分析結果と本調査の分析結果を図 7 に示す。また、排水処理工程別に見ると PBDD/Fs と同様に沈殿槽の出口で約 98% の PBDEs が削減されていた。原水ピットを基準とした各工程での PBDE 削減率 (%) を図 8 に示す。

同族体組成は、2015 年度と同様に DeBDE (98% 以上) が大部分を占めていた。別図-2 参照。(別図-2 媒体別同族体組成 図-2)

異性体組成は、DeBDE の比率が高いが、DeBDE を除く異性体については、濃



度が低いですが、原水ピットでは、2,2',3,3',4,5',6/2,2',3,4,4',5',6-HpBDE (52%)、2,2',4,4',5,5'-HxBDE (23%)、2,2',4,4',5,6'-HxBDE (18%) の比率が高かった。(別図-3 媒体別異性体組成 図-2)。

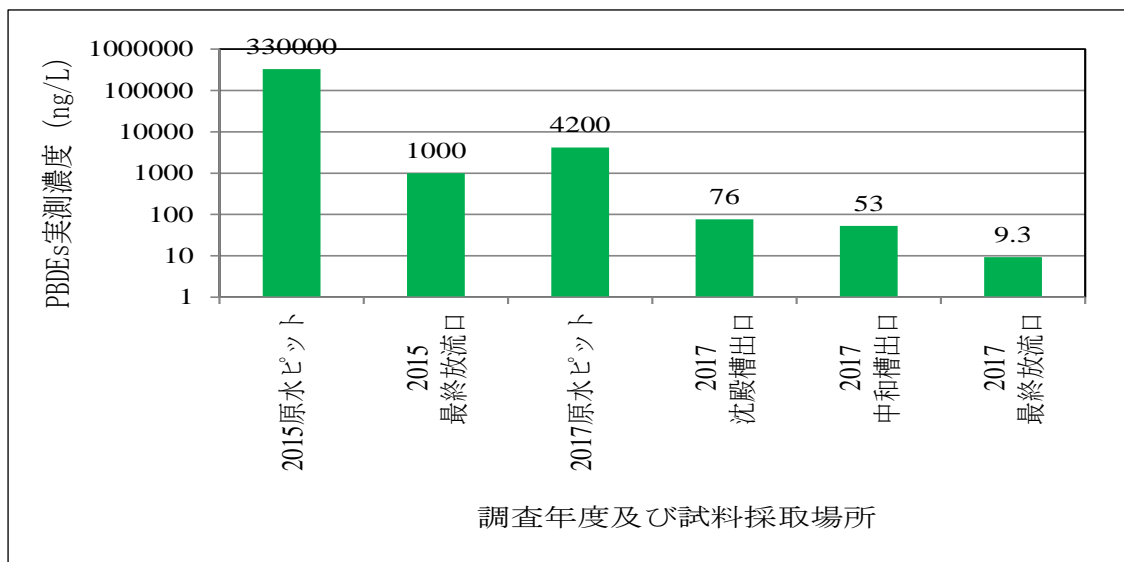


図7 2015年度の分析結果と2017年度調査の分析結果(PBDEs)

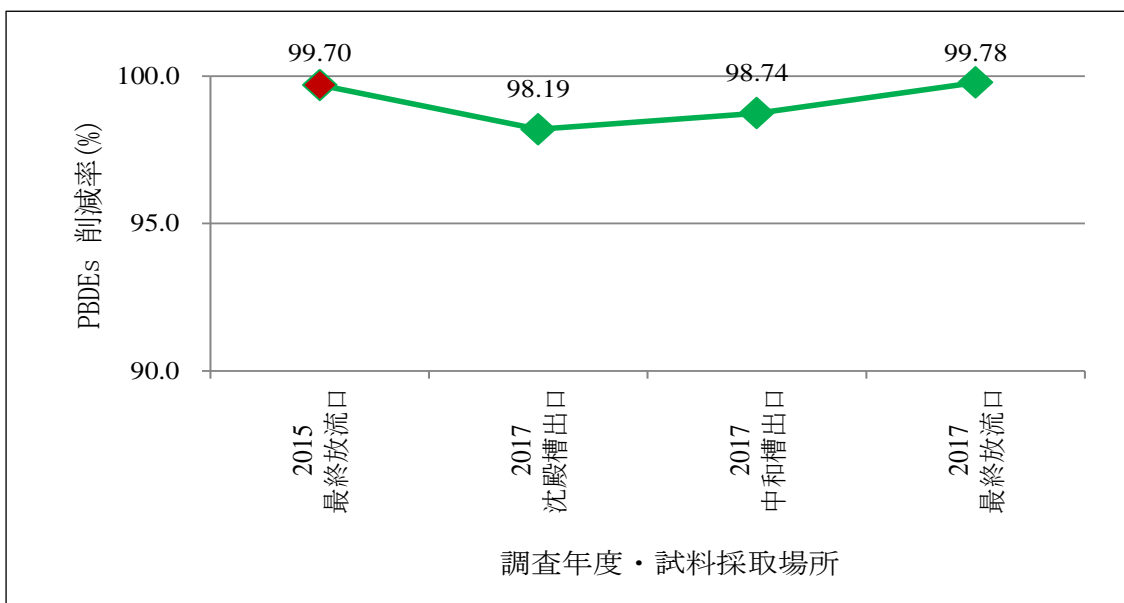


図8 排水工程におけるPBDEs削減率(%)

c. TBBPA

TBBPA については、実測濃度(2.8~34ng/L)で 2015 年度調査時、実測濃度(4.6・18ng/L)と同レベルの濃度であった。

d. HBCDs

HBCDs については、POPs 規制や化審法により第一種特定化学物質に指定な

どで工程では使用していないため、原水ピットでは実測濃度(25ng/L)で、2015 年度調査時、実測濃度(890ng/L)より非常に低い濃度であった。

異性体組成は、原水ピット及び最終放流口では $\alpha$ -HBCD(84%, 72%)の比率が高かった。(別図-3 媒体別異性体組成 図-3)。

#### e. PBPhs

PBPhs については、実測濃度(94~870ng/L)で 2015 年度調査時、実測濃度(11・54ng/L)よりも高い濃度であった。特に沈殿槽では、実測濃度(870ng/L)で最も濃度が高かった。

同族体組成は、流量調整槽、原水ピットでは DiBPhs(55%, 54%)の比率が最も高く、次いで MoBPhs(27%, 36%)が高かった。沈殿槽以降の排水工程では、MoBPhs の比率が高く、沈殿槽(85%), 中和槽出口(77%), 最終放流口(76%)で流量調整槽、原水ピットとは異なっていた。別図-2 参照。(別図-2 媒体別同族体組成 図-3)

異性体組成は、流量調整槽では 2,5/3,5-DiBPh(50%)の比率が高く、原水ピットでは 2,4-DiBPh(40%)及び 2-MoBPh(31%)の比率が高かった。沈殿槽以降の排水工程では、2-MoBPh の比率が高く、沈殿槽(66%), 中和槽出口(66%), 最終放流口(59%)であった。(別図-3 媒体別異性体組成 図-4)。

#### f. DBDPE

DBDPE については、DeBDE の代替品として使用されており、原水ピットでは、13,000ng/L で高濃度で検出されているが、PBDD/Fs と同様に最終放流口では、33ng/L と非常に低濃度になっている。PBDD/Fs, PBDEs と同様に原水ピットを基準とした排水工程における DBDPE 削減率(%)を図 9 に示す。

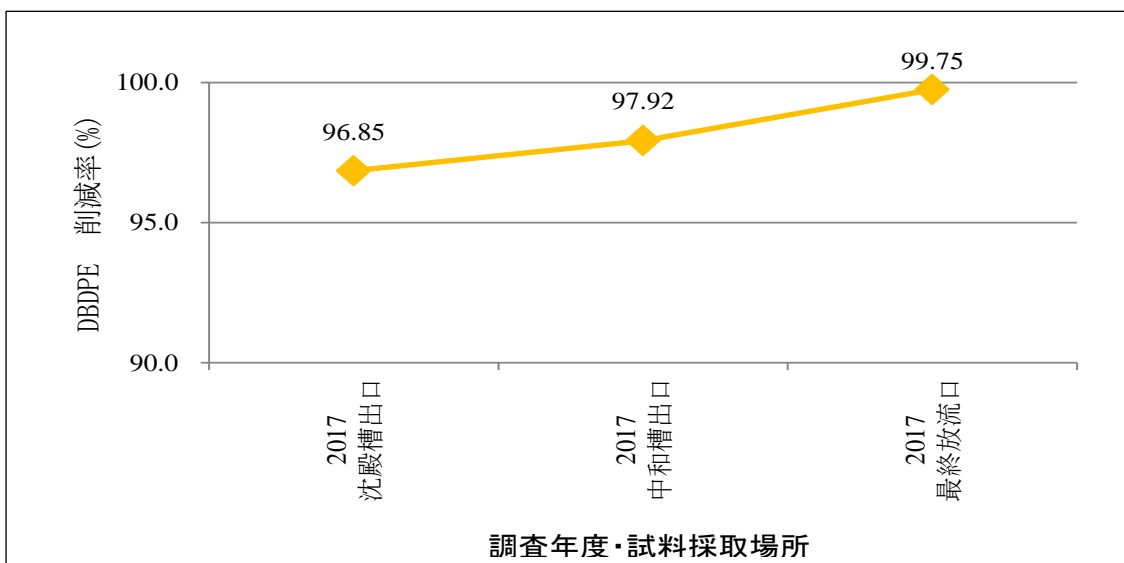


図 9 排水工程における DBDPE 削減率(%)

## (2) 汚泥

### a. PBDD/Fs

汚泥は、乾燥前と乾燥(160~180°C)1時間乾燥後の試料を分析した結果、PBDD/Fs 実測値の実測値は、乾燥前は、実測濃度(7.0 ng/g-dry)で乾燥後は、実測濃度(65ng/g-dry)で約1桁程度濃度が高くなっている。

同族体組成では、乾燥前と乾燥後とも OBDF(37%, 55%)の比率が高く、次いで HpBDFs(30%, 25%)及び HxBDFs(19%, 13%)の比率も高いが、乾燥前の方がやや HpBDFs より低臭素の同族体の比率が高かった。(別図-2 媒体別同族体組成 図-1)。

異性体組成では、乾燥前と乾燥後とも OBDF(55%, 66%)の比率が高く、次いで 1,2,3,4,6,7,8-HpBDF(45%, 30%)の比率が高かった。(別図-3 媒体別異性体組成 図-1)。

### b. PBDEs

PBDEs については、乾燥前、実測濃度(36,000ng/g-dry)と乾燥後、実測濃度(36,000ng/g-dry)で同じ濃度であった。

同族体組成は、排水と同様に DeBDE(99%)が大部分を占めていた。別図-2 参照。(別図-2 媒体別同族体組成 図-2)

異性体組成は、DeBDE の比率が高いが、DeBDE を除く異性体については、乾燥前及び乾燥後で 2,2',3,3',4,5',6/2,2',3,4,4',5',6-HpBDE(57%, 53%)が最も比率が高く、2,2',4,4',5,5'-HxBDE(23%, 21%)、2,2',4,4',5,6'-HxBDE(13%, 15%)の比率が高く、原水ピットと同様であった。(別図-3 媒体別異性体組成 図-2)。

### c. TBBPA

TBBPA については、乾燥前及び乾燥後とも ND であった。

### d. HBCDs

HBCDs については、HBCDs については、乾燥前、実測濃度(27ng/g-dry)及び乾燥後、実測濃度(22ng/g-dry)であった。

異性体組成は、乾燥前では、 $\alpha$ -HBCD(67%)の比率が最も高かったが、 $\gamma$ -HBCD(33%)の比率が排水よりも高かった。また、乾燥後では、 $\alpha$ -HBCD(507%)及び $\gamma$ -HBCD(50%)であった。(別図-3 媒体別異性体組成 図-3)。

### e. PBPhs

PBPhs については、乾燥前、実測濃度(140ng/g-dry)及び乾燥後、実測濃度(83ng/g-dry)であった。

同族体組成は、乾燥前及び乾燥後とも MoBPhs(87%, 79%)が高かった。別図-2 参照。(別図-2 媒体別同族体組成 図-3)

異性体組成は、乾燥前及び乾燥後とも 3/4-MoBPh(79%, 75%)の比率が高かった。(別図-3 媒体別異性体組成 図-4)。

#### f. DBDPE

DBDPE については、乾燥前が実測濃度(18,000ng/g-dry)で、乾燥後が実測濃度(22,000ng/g-dry)で、乾燥前及び乾燥後とも高濃度であった。

#### (3) まとめ

難燃繊維加工施設は、過年度でも調査を行い、工程水及び総合排水で高濃度のPBDD/Fsが検出されていることから、今年度は、排水処理におけるPBDD/Fs削減の実態を把握するために調査を行った。

調査では、5カ所の排水工程で採水した結果、反応槽、沈殿槽の段階で大きく削減していることが判った。また、PBDD/Fsの吸着が考えられる汚泥についても調査した結果、PBDD/Fsが検出され、乾燥により更に高濃度になっていた。乾燥された汚泥については、セメント工場(リサイクル原料)にて高温で処理されているが、熱分解時の副生成等については、確認が必要であると考えられる。

繊維加工工程は、加工条件などにより排水成分が大きく異なり、時間的変動も大きく、排水量の大部分は染色工程が占めており、未吸着の染料を大量に含む着色排水であるため、より高度な排水処理を必要としている。今年度調査施設では、特別に染色排水の処理設備を増設し、低濃度に管理されていた。排水処理方法により低濃度に管理できることが判ったが、日常の管理や設備、薬剤等のコストなど課題も多くある。今後、過去に高濃度の検出があった施設については、使用難燃剤の変更など加工条件が変わることも予想されるが、継続調査等が必要であると考えられる。

別 表 - 1

分析結果一覽表

①排水

表-1 排水中のPBDD/Fs分析結果(実測濃度) (pg/L)

物質名	A 施設			
	流入調整槽	原水ピット	沈殿槽	中和槽
2,3,7,8-TeBDD	ND	ND	ND	ND
TeBDDs	ND	ND	ND	ND
1,2,3,7,8-PeBDD	ND	ND	ND	ND
PeBDDs	ND	ND	ND	ND
1,2,3,4,7,8-HxBDD	ND	ND	ND	ND
1,2,3,6,7,8-HxBDD	ND	ND	ND	ND
1,2,3,7,8,9-HxBDD	ND	ND	ND	ND
HxBDDs	ND	ND	ND	ND
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	ND	ND	ND	ND
HpBDDs	ND	ND	ND	ND
OBDD	ND	39	ND	ND
Total PBDDs	ND	39	ND	ND
2,3,7,8-TeBDF	ND	5.3	ND	ND
TeBDFs	ND	230	0.6	ND
1,2,3,7,8-PeBDF	ND	7.2	ND	ND
2,3,4,7,8-PeBDF	ND	6.5	ND	ND
PeBDFs	ND	310	ND	ND
1,2,3,4,7,8-HxBDF	ND	54	ND	ND
HxBDFs	ND	580	ND	ND
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	7	650	ND	ND
HpBDFs	7	650	ND	ND
OBDF	ND	7300	ND	ND
Total PBDFs	7	9100	0.6	ND
Total (PBDDs+PBDFs)	7	9100	0.6	ND

表-2 排水中のPBDD/Fs分析結果(毒性等量相当値) (pg-TEQ/L)

物質名	A 施設			
	流入調整槽	原水ピット	沈殿槽	中和槽
2,3,7,8-TeBDD	0.15	0.30	0.10	0.10
1,2,3,7,8-PeBDD	0.45	1.0	0.20	0.25
1,2,3,4,7,8-HxBDD	0.25	0.45	0.10	0.10
1,2,3,6,7,8-HxBDD	0.30	0.50	0.15	0.15
1,2,3,7,8,9-HxBDD	0.20	0.40	0.10	0.10
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	0.020	0.035	0.010	0.010
OBDD	0.0014	0.012	0.00060	0.00060
2,3,7,8-TeBDF	0.015	0.53	0.010	0.010
1,2,3,7,8-PeBDF	0.015	0.22	0.010	0.010
2,3,4,7,8-PeBDF	0.30	2.0	0.14	0.14
1,2,3,4,7,8-HxBDF	0.20	5.4	0.10	0.10
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0.069	6.5	0.010	0.010
OBDF	0.0015	2.2	0.00075	0.00075
Total TEQ (下限×1/2)	2.0	20	0.93	0.98
Total TEQ (ND=0)	0.07	17	0	0

\* 毒性等量相当値は、WHO-TEF(2006)によるPCDDs/DFsのTEFに準じて算出した参考値  
 \* 毒性等量相当値は、検出下限未満を検出下限の1/2として算出した値である。

表-3 排出水中のPBDD/Fs分析結果(実測濃度) (pg/L)

物質名	A 施設
	最終放流口
2,3,7,8-TeBDD	ND
TeBDDs	ND
1,2,3,7,8-PeBDD	ND
PeBDDs	ND
1,2,3,4,7,8-HxBDD	ND
1,2,3,6,7,8-HxBDD	ND
1,2,3,7,8,9-HxBDD	ND
HxBDDs	ND
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	ND
HpBDDs	ND
OBDD	ND
Total PBDDs	ND
2,3,7,8-TeBDF	ND
TeBDFs	1.7
1,2,3,7,8-PeBDF	ND
2,3,4,7,8-PeBDF	ND
PeBDFs	1.2
1,2,3,4,7,8-HxBDF	ND
HxBDFs	2.3
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	1.9
HpBDFs	1.9
OBDF	3
Total PBDFs	10
Total (PBDDs+PBDFs)	10

表-4 排出水中のPBDD/Fs分析結果(毒性等量相当値) (pg-TEQ/L)

物質名	A 施設
	最終放流口
2,3,7,8-TeBDD	0.015
1,2,3,7,8-PeBDD	0.045
1,2,3,4,7,8-HxBDD	0.020
1,2,3,6,7,8-HxBDD	0.025
1,2,3,7,8,9-HxBDD	0.020
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	0.0015
OBDD	0.00014
2,3,7,8-TeBDF	0.0015
1,2,3,7,8-PeBDF	0.0015
2,3,4,7,8-PeBDF	0.030
1,2,3,4,7,8-HxBDF	0.020
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0.019
OBDF	0.00087
Total TEQ (下限×1/2)	0.20
Total TEQ (ND=0)	0.019

\* 毒性等量相当値は、WHO-TEF(2006)によるPCDDs/DFsのTEFに準じて算出した参考値  
 \* 毒性等量相当値は、検出下限未満を検出下限の1/2として算出した値である。

表-5 排水水中のPBDEs分析結果(実測濃度) (ng/L)

物質名	A 施設			
	流入調整槽	原水ピット	沈殿槽	中和槽
MoBDEs	ND	ND	ND	ND
4,4'-DiBDE(#15)	0.08	ND	ND	ND
DiBDEs	0.08	ND	ND	ND
2',3,4/2,4,4'/2,2',3-TrBDE(#33/#28/#16)	ND	ND	ND	ND
TrBDEs	ND	ND	ND	ND
2,2',4,4'-TeBDE(#47)	ND	0.07	ND	ND
TeBDEs	ND	0.07	ND	ND
2,2',4,4',5-PeBDE(#99)	ND	0.06	ND	ND
2,2',4,4',6-PeBDE(#100)	ND	ND	ND	ND
PeBDEs	ND	0.17	ND	ND
2,2',4,4',5,5'-HxBDE(#153)	ND	0.43	ND	ND
2,2',4,4',5,6'-HxBDE(#154)	ND	0.34	ND	ND
HxBDEs	ND	0.98	ND	ND
2,2',3,3',4,5',6/2,2',3,4,4',5',6-HpBDE(#175/#183)	ND	0.98	ND	ND
HpBDEs	ND	2.4	ND	ND
OBDEs	ND	9.3	ND	ND
NoBDEs	0.5	42	0.5	0.8
DeBDE	29	4100	76	53
Total PBDEs	30	4200	76	53

表-6 排水水中のHBCDs,TBBPA,PBPhs及びDBDPE分析結果(実測濃度) (ng/L)

物質名	A 施設			
	流入調整槽	原水ピット	沈殿槽	中和槽
$\alpha$ -HBCD	ND	21	ND	0.2
$\beta$ -HBCD	0.3	0.83	ND	ND
$\gamma$ -HBCD	ND	3.2	ND	ND
Total HBCDs	0.3	25	ND	0.2
TBBPA	34	5.4	2.8	3.4
2-MoBPh	9	49	580	390
3/4-MoBPh	16	8.4	170	65
MoBPhs	25	57	740	460
2,6-DiBPh	ND	12	21	21
2,5/3,5-DiBPh	47	9.6	15	15
2,4-DiBPh	4.5	63	81	87
3,4-DiBPh	ND	ND	ND	ND
2,3-DiBPh	ND	ND	ND	ND
DiBPhs	52	84	120	120
2,4,6-TrBPh	6.5	12	10	13
2,3,6-TrBPh	ND	ND	ND	ND
2,4,5-TrBPh	1.9	1.5	0.9	1.2
2,3,5-TrBPh	1.1	0.4	0.3	0.4
3,4,5-TrBPh	1.4	0.4	0.2	0.3
2,3,4-TrBPh	ND	0.4	ND	0.2
TrBPhs	11	15	11	15
2,3,4,5-TeBPh	ND	ND	ND	ND
2,3,4,6-TeBPh	3.1	0.3	ND	0.3
2,3,5,6-TeBPh	ND	0.2	ND	ND
TeBPhs	3.1	0.5	ND	0.3
2,3,4,5,6-PeBPh	3.2	ND	0.7	ND
Total PBPhs	94	160	870	600
DBDPE	3.5	13000	410	270



表-7 排水水中のPBDEs分析結果(実測濃度) (ng/L)

物質名	A 施設
	最終放流口
MoBDEs	ND
4,4'-DiBDE(#15)	ND
DiBDEs	ND
2',3,4/2,4,4'/2,2',3-TrBDE(#33/#28/#16)	ND
TrBDEs	ND
2,2',4,4'-TeBDE(#47)	ND
TeBDEs	ND
2,2',4,4',5-PeBDE(#99)	ND
2,2',4,4',6-PeBDE(#100)	ND
PeBDEs	ND
2,2',4,4',5,5'-HxBDE(#153)	ND
2,2',4,4',5,6'-HxBDE(#154)	ND
HxBDEs	ND
2,2',3,3',4,5',6/2,2',3,4,4',5',6-HpBDE(#175/#183)	ND
HpBDEs	ND
OBDEs	ND
NoBDEs	0.1
DeBDE	9.2
Total PBDEs	9.3

表-8 排水水中のHBCDs,TBBPA,PBPhs及びDBDPE分析結果(実測濃度) (ng/L)

物質名	A 施設
	最終放流口
$\alpha$ -HBCD	2.3
$\beta$ -HBCD	0.14
$\gamma$ -HBCD	0.7
Total HBCDs	3.2
TBBPA	3.7
2-MoBPh	170
3/4-MoBPh	53
MoBPhs	220
2,6-DiBPh	14
2,5/3,5-DiBPh	7.3
2,4-DiBPh	40
3,4-DiBPh	ND
2,3-DiBPh	ND
DiBPhs	62
2,4,6-TrBPh	5.6
2,3,6-TrBPh	ND
2,4,5-TrBPh	0.3
2,3,5-TrBPh	ND
3,4,5-TrBPh	ND
2,3,4-TrBPh	ND
TrBPhs	5.8
2,3,4,5-TeBPh	ND
2,3,4,6-TeBPh	ND
2,3,5,6-TeBPh	ND
TeBPhs	ND
2,3,4,5,6-PeBPh	ND
Total PBPhs	290
DBDPE	33

## ②汚泥

表-9 汚泥中のPBDD/Fs分析結果(実測濃度) (ng/g-dry)

物質名	A 施設	
	乾燥前 汚泥	乾燥後 汚泥
2,3,7,8-TeBDD	ND	ND
TeBDDs	ND	0.011
1,2,3,7,8-PeBDD	ND	ND
PeBDDs	ND	0.024
1,2,3,4,7,8-HxBDD	ND	ND
1,2,3,6,7,8-HxBDD	ND	ND
1,2,3,7,8,9-HxBDD	ND	ND
HxBDDs	ND	0.15
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	ND	ND
HpBDDs	ND	ND
OBDD	ND	1.1
Total PBDDs	ND	1.3
2,3,7,8-TeBDF	0.016	0.028
TeBDFs	0.42	1.2
1,2,3,7,8-PeBDF	0.016	0.046
2,3,4,7,8-PeBDF	0.03	0.06
PeBDFs	0.81	2.3
1,2,3,4,7,8-HxBDF	0.23	0.90
HxBDFs	1.8	8.4
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	1.8	16
HpBDFs	1.8	16
OBDF	2.2	35
Total PBDFs	7.0	63
Total (PBDDs+PBDFs)	7.0	65

表-10 汚泥中のPBDD/Fs分析結果(毒性等量相当値) (ng-TEQ/g-dry)

物質名	A 施設	
	乾燥前 汚泥	乾燥後 汚泥
2,3,7,8-TeBDD	0.0010	0.0010
1,2,3,7,8-PeBDD	0.0030	0.0030
1,2,3,4,7,8-HxBDD	0.0015	0.0015
1,2,3,6,7,8-HxBDD	0.0020	0.0020
1,2,3,7,8,9-HxBDD	0.0015	0.0015
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	0.00010	0.00010
OBDD	0.0000090	0.00034
2,3,7,8-TeBDF	0.0016	0.0028
1,2,3,7,8-PeBDF	0.00048	0.0014
2,3,4,7,8-PeBDF	0.0096	0.017
1,2,3,4,7,8-HxBDF	0.023	0.090
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0.018	0.16
OBDF	0.00066	0.011
Total TEQ (下限×1/2)	0.062	0.29
Total TEQ (ND=0)	0.053	0.28

\* 毒性等量相当値は、WHO-TEF(2006)によるPCDDs/DFsのTEFに準じて算出した参考値  
 \* 毒性等量相当値は、検出下限未満を検出下限の1/2として算出した値である。

表-11 汚泥中のPBDEs分析結果(実測濃度) (ng/g-dry)

物質名	A 施設	
	乾燥前 汚泥	乾燥後 汚泥
MoBDEs	ND	ND
4,4'-DiBDE(#15)	ND	0.12
DiBDEs	ND	0.72
2',3,4/2,4,4'/2,2',3'-TrBDE(#33/#28/#16)	0.04	0.10
TrBDEs	0.04	0.58
2,2',4,4'-TeBDE(#47)	0.07	0.33
TeBDEs	0.15	1.6
2,2',4,4',5-PeBDE(#99)	0.18	0.28
2,2',4,4',6-PeBDE(#100)	ND	0.06
PeBDEs	0.59	1.9
2,2',4,4',5,5'-HxBDE(#153)	0.97	1.8
2,2',4,4',5,6'-HxBDE(#154)	0.55	1.3
HxBDEs	2.4	5.6
2,2',3,3',4,5',6/2,2',3,4,4',5',6'-HpBDE(#175/#183)	2.4	4.6
HpBDEs	6.2	11
OBDEs	30	57
NoBDEs	310	420
DeBDE	36000	35000
Total PBDEs	36000	36000

表-12 汚泥中のHBCDs,TBBPA,PBPhs及びDBDPE分析結果(実測濃度) (ng/g-dry)

物質名	A 施設	
	乾燥前 汚泥	乾燥後 汚泥
$\alpha$ -HBCD	18	11
$\beta$ -HBCD	ND	ND
$\gamma$ -HBCD	8.7	11
Total HBCDs	27	22
TBBPA	ND	ND
2-MoBPh	12	3
3/4-MoBPh	110	62
MoBPhs	120	66
2,6-DiBPh	ND	ND
2,5/3,5-DiBPh	2.6	1.7
2,4-DiBPh	9.4	6.5
3,4-DiBPh	ND	ND
2,3-DiBPh	ND	ND
DiBPhs	12	8.1
2,4,6-TrBPh	1.0	1.2
2,3,6-TrBPh	ND	ND
2,4,5-TrBPh	1.1	1.2
2,3,5-TrBPh	ND	ND
3,4,5-TrBPh	ND	ND
2,3,4-TrBPh	ND	0.6
TrBPhs	2.1	3.0
2,3,4,5-TeBPh	0.5	1.1
2,3,4,6-TeBPh	1.0	0.8
2,3,5,6-TeBPh	ND	0.7
TeBPhs	1.6	2.6
2,3,4,5,6-PeBPh	2.2	3.4
Total PBPhs	140	83
DBDPE	18000	22000



## 別 図 - 1

### 調査施設概要

(製造工程フロー・排水処理フロー・試料採取箇所)

調査施設概要

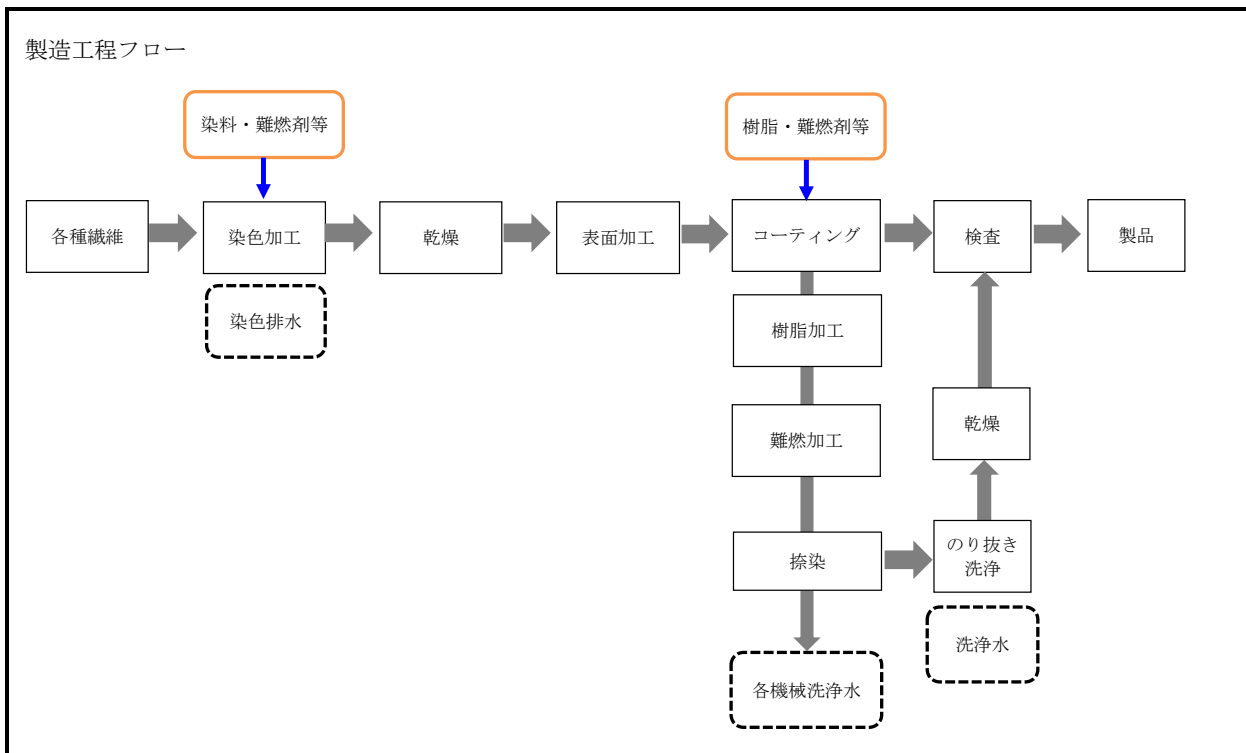


図-1 製造工程フロー

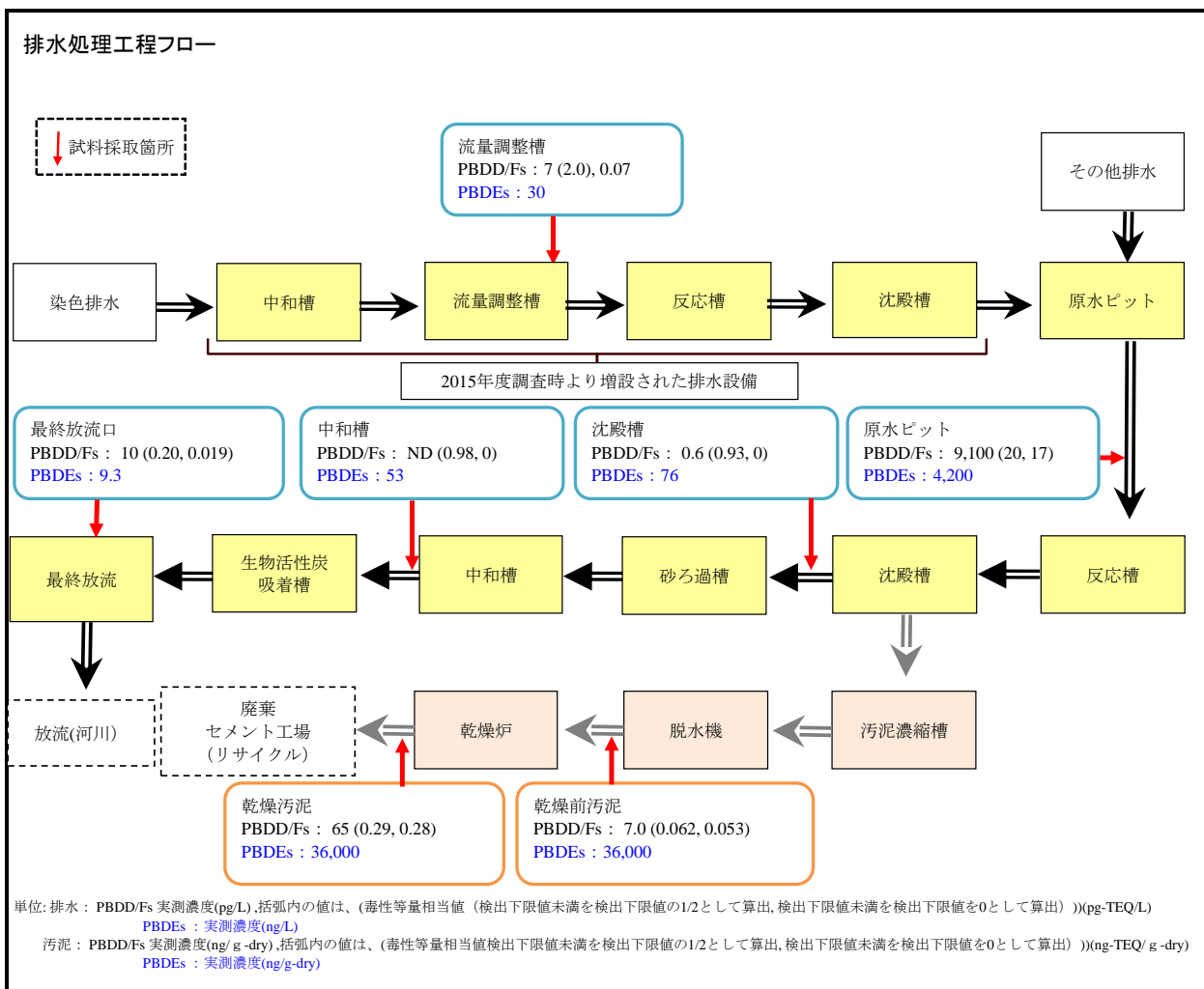


図-2 排水処理工程フロー

## 別 図 - 2

### 媒体別同族体組成

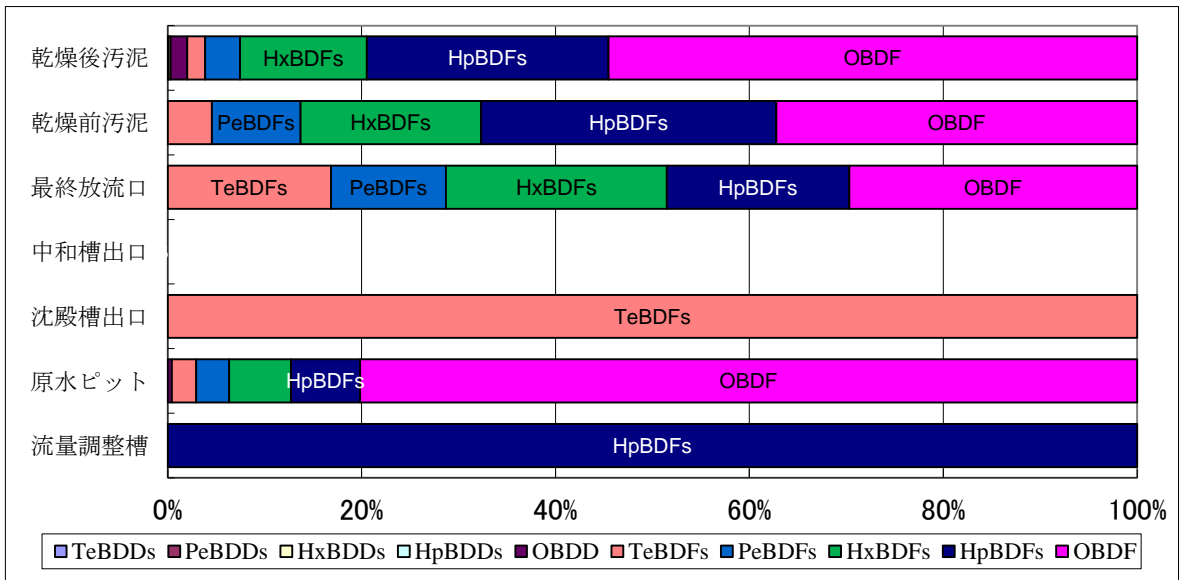


図-1 排水及び汚泥 PBDDs/DFs同族体組成 (%)

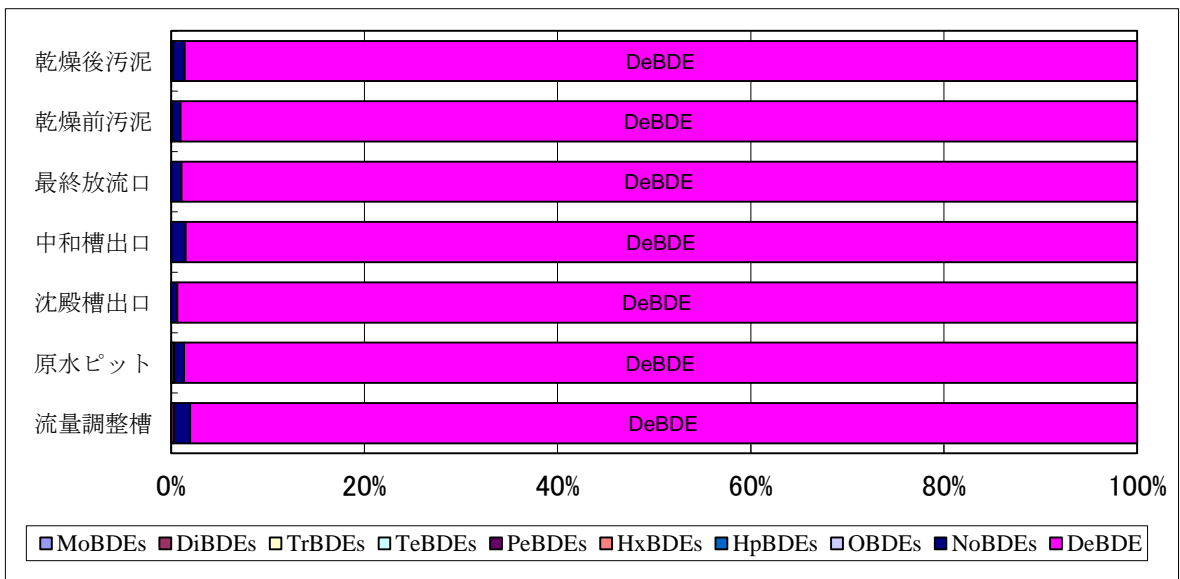


図-2 排水及び汚泥 PBDEs同族体組成 (%)

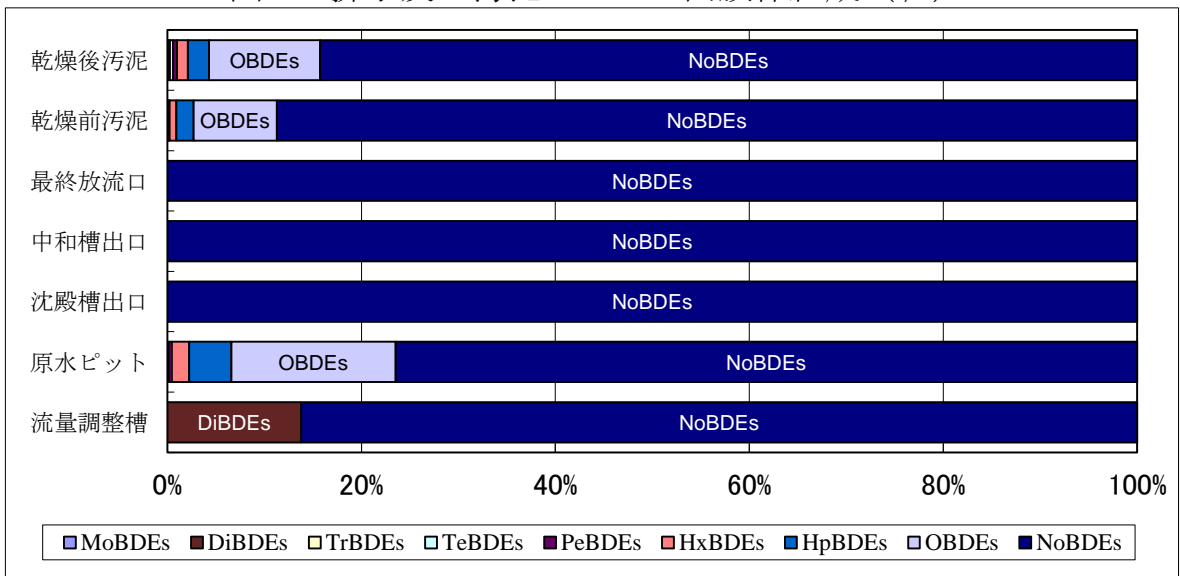


図-3 排水及び汚泥 PBDEs同族体組成 (DeBDE除く) (%)



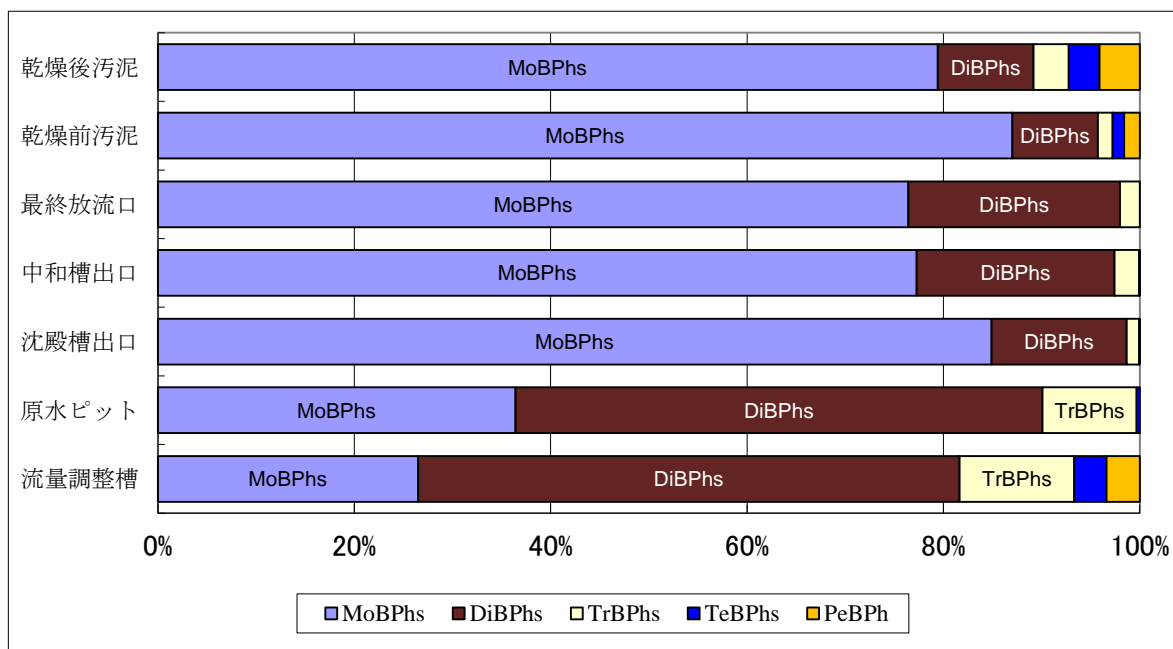


図-4 排水及び汚泥 PBPhs同族体組成 (%)

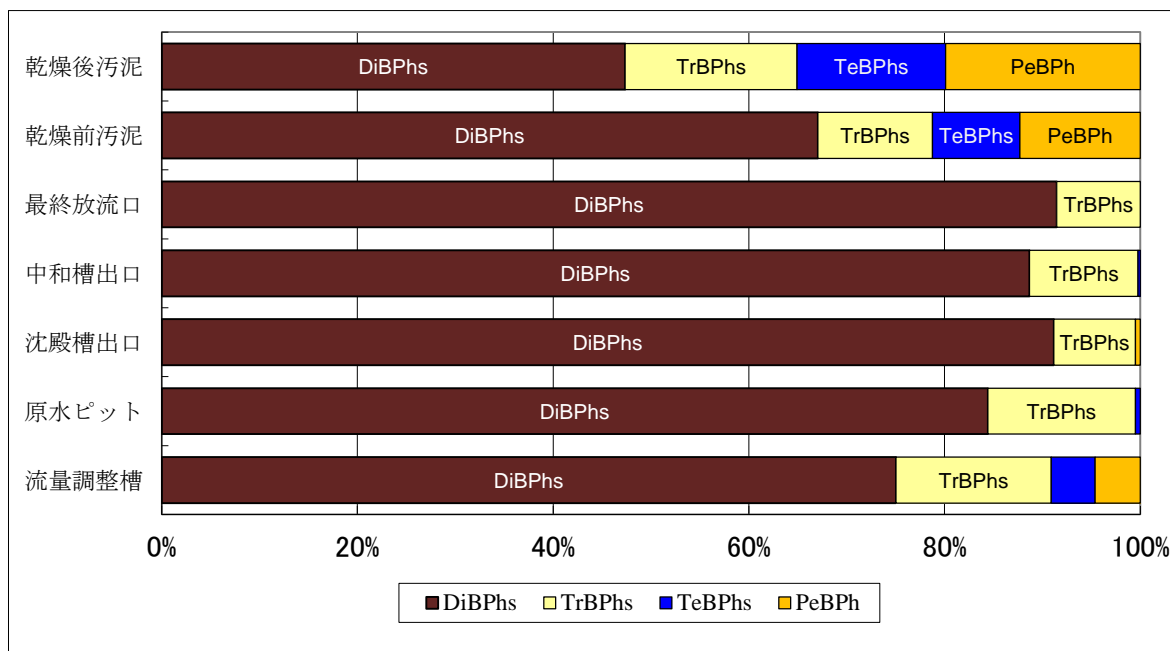


図-5 排水及び汚泥 PBPhs同族体組成 (MoBPhs除く) (%)



## 別 図 - 3

### 媒体別異性体組成

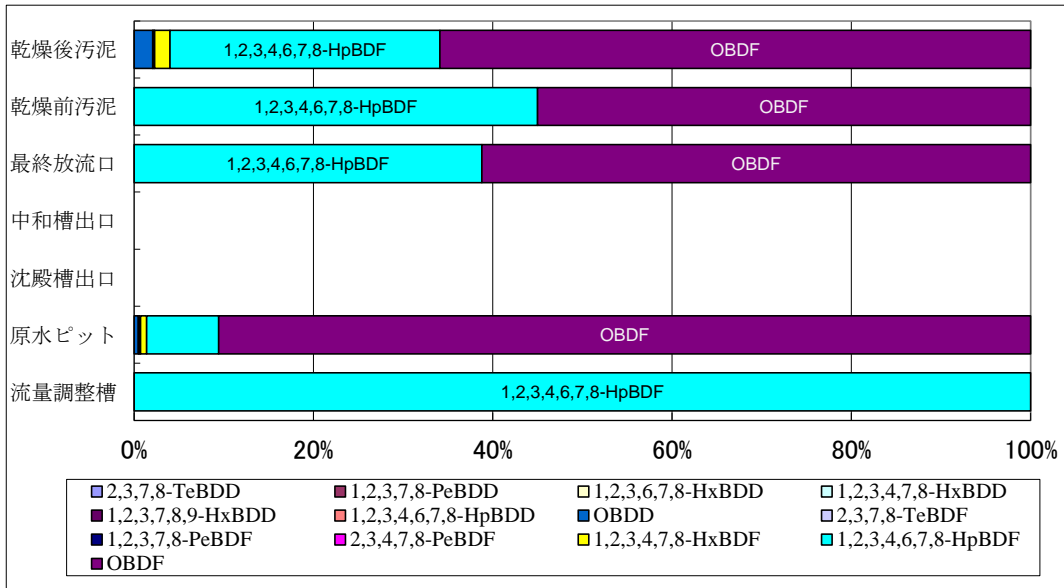


図-1 排水及び汚泥 PBDDs/DFs異性体組成 (%)

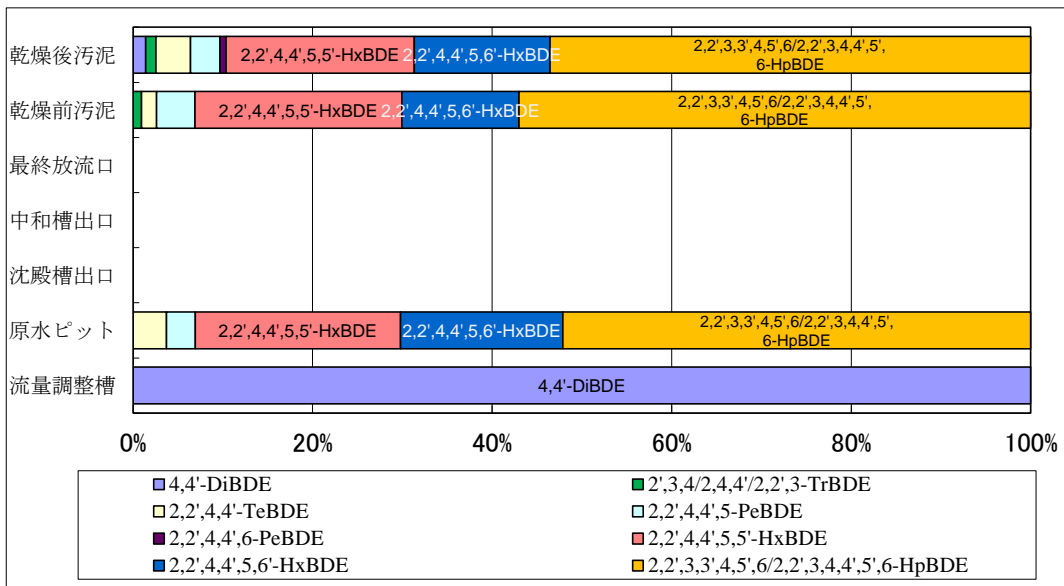


図-2 排水及び汚泥 PBDEs異性体組成 (DeBDE除く) (%)

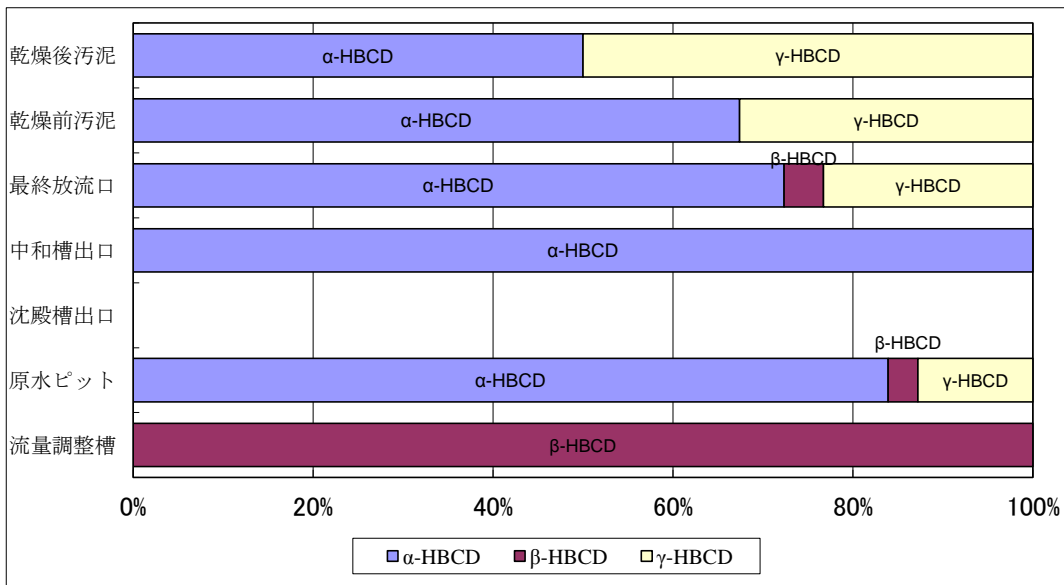


図-3 排水及び汚泥 HBCDs異性体組成 (%)

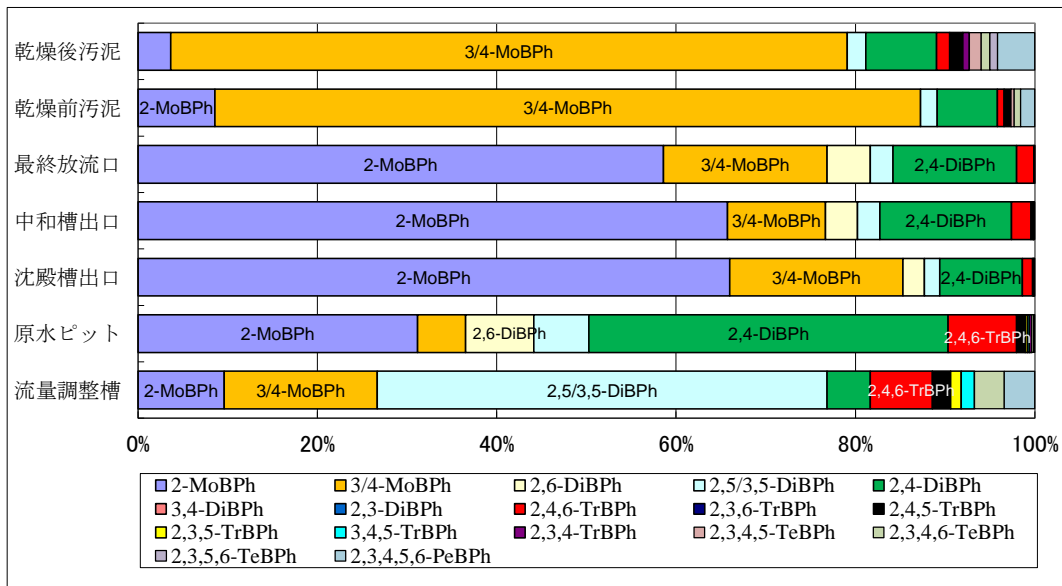


図-4 排水及び汚泥 PBPhs異性体組成 (%)

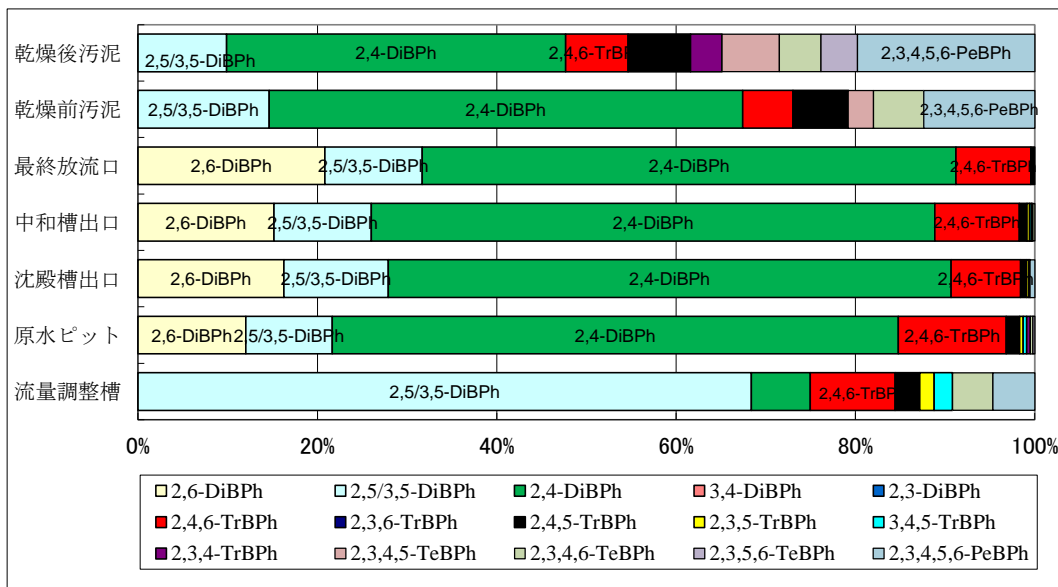


図-5 排水及び汚泥 PBPhs異性体組成 (2-MoBPh・3/4MoBPh除く)



別表 - 2

臭素系ダイオキシン類排出実態等調査結果一覧  
(2002年度～2017年度)

# 1. 臭素系ダイオキシン類発生源排出濃度

## 1.1 排出ガス (PBDD/Fs・MoBPCDD/Fs) 排出濃度

調査対象施設等		PBDD/Fs				MoBPCDD/Fs				調査年	
		検出頻度 (検出数/ 調査数)	実測濃度		毒性等量相当値		検出頻度 (検出数/ 調査数)	実測濃度			
			平均値	濃度範囲	平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲		
家電リサイクル施設		4/7	2.4	ND ~ 12	0.017	0 ~ 0.11	0/7	ND	ND	2002	
家電リサイクル施設		13/16	0.550	ND ~ 7.7	0.0018	0 ~ 0.027	未測定			2011	
難燃プラスチック製造施設	総合排出口	5/5	980	0.011 ~ 4,900	0.0036	0 ~ 0.018	1/5	0.0066	ND ~ 0.033	2003	
	押出機出口	6/6	23,000	0.81 ~ 140,000	0.0025	0 ~ 0.0059	3/6	0.025	ND ~ 0.092		
難燃剤製造施設 (TBBPA/TBBPAホリカーボネートオリゴマー)		5/5	0.12	0.012 ~ 0.18	0.00022	0 ~ 0.0006	0/5	ND	ND	2004	
難燃繊維加工施設		6/7	3.4	ND ~ 13	0.046	0 ~ 0.21	2/7	4	ND ~ 28		
難燃繊維加工施設		4/4	2.1	0.44 ~ 4.3	0.0079	0.0027 ~ 0.019	未測定			2013	
難燃プラスチック成形加工施設		6/9	860	ND ~ 7,100	3.9	0 ~ 33	4/9	0.029	ND ~ 0.14		
下水道終末処理施設	脱臭装置入口	2/3	0.023	ND ~ 0.047	0.011	0 ~ 0.023	0/3	ND	ND	2004	
	脱臭装置出口	0/3	ND	ND	0	0	1/3	0.0014	ND ~ 0.0041		
	焼却炉	1/3	0.013	ND ~ 0.039	0	0	3/3	0.063	0.015 ~ 0.16		
下水道終末処理施設		焼却炉	2/2	0.032	0.0012・0.062	0.00075	ND・0.0015	未測定			2014
難燃剤製造施設(2,4,6-TBP)		3/3	8,100	1.5 ~ 24,000	0.0013	0 ~ 0.0039	1/3	0.067	ND ~ 0.20	2005	
難燃剤取扱施設(DeBDE)		6/6	6.5	0.16 ~ 13	0.0061	0.00033 ~ 0.011	0/6	ND	ND	2006	
難燃プラスチック製造施設 (TBBPAエポキシ樹脂/発泡ポリスチレン)	総合排出口等	2/2	0.090	0.10・0.079	0.00020	0.00016・0.00024	0/2	ND	ND・ND	2008	
	冷却工程出口	1/1	0.010	0.010	0.000084	0.000084	0/1	ND	ND		
アルミニウム第二次精錬・精製製造施設		集塵機出口	4/4	0.44	0.085 ~ 1.3	0.0015	0 ~ 0.0056	4/4	0.062	0.012 ~ 0.12	2009
セメント製造施設		2/2	0.091	0.0024・0.18	0.000037	0・0.000074	1/2	0.0085	ND・0.017	2010	
廃棄物焼却施設		6/6	0.028	0.0009 ~ 0.13	0.00036	0 ~ 0.0021	未測定			2012	

注) 毒性等量相当値は、H19年度まではWHO-TEF(1998)、H20年度以降は、WHO-TEF(2006)のPCDD/FsのTEFに準じて算出している。



## 1.2 排水水 (PBDD/Fs・MoBPCDD/Fs) 排出濃度

調査対象施設等		PBDD/Fs					MoBPCDD/Fs			調査年
		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		毒性等量相当値		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
			平均値	濃度範囲	平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
家電リサイクル施設	雑排水	6/6	5,600	790 ~ 14,000	31	2.5 ~ 65	2/6	5.1	ND ~ 21	2002
	工程水	1/1	140,000	140,000	420	420	1/1	520	520	
家電リサイクル施設	総合排水	10/10	33,000	320 ~ 230,000	88	1.4 ~ 530	未測定			2011
	工程水	2/2	30,000	36 ~ 59,000	120	0.096 ~ 230	未測定			
難燃プラスチック製造施設	総合排水出口等	6/6	32,000	2.0 ~ 190,000	1.5	0 ~ 8.5	2/6	0.86	ND ~ 4.4	2002
	その他工程等	13/13	66,000	7.6 ~ 820,000	7.3	0.067 ~ 74	7/13	12	ND ~ 54	
難燃剤製造施設 (TBBPA/ TBBPAポリカーボネートオリゴマー)	総合排水出口等	2/2	460	280・630	0.92	0.54・5.4	0/2	ND	ND	2003
	その他工程等	2/2	69,000	8,000・130,000	24	0・48	1/2	1.5	ND・3.0	
難燃繊維加工施設	総合排水出口等	3/3	80,000	320 ~ 170,000	77	3.6 ~ 130	3/3	500	66 ~ 1,300	2005
	その他工程等	4/4	920	4.4 ~ 2,000	1.9	0 ~ 6.6	3/4	66	ND ~ 170	
難燃繊維加工施設	処理後排水出口等	4/4	89,000	10,000 ~ 250,000	390	26 ~ 1,200	4/4	1,500	160 ~ 4,100	2005
	その他工程等	10/10	110,000	270 ~ 490,000	120	1.4 ~ 590	7/10	1,200	ND ~ 7,000	
難燃繊維加工施設	処理後排水出口等	8/8	12,000	18 ~ 37,000	19	0.15 ~ 62	未測定			2007
	その他工程等	6/6	17,000	560 ~ 37,000	28	1.3 ~ 63	未測定			
難燃繊維加工施設	処理後排水出口等	5/5	86,000	1,400 ~ 420,000	500	2 ~ 2,500	未測定			2013
	その他工程等	2/2	220,000	7,900・360,000	380	230・530	未測定			
難燃繊維加工施設	処理後排水出口等	2/2	6,100	270・12,000	18	0.59・36	未測定			2015
	その他工程等	2/2	2,800,000	29,000・5,600,000	19,000	48・37,000	未測定			
難燃繊維加工施設	処理後排水出口等	1/1	10	10	0.20	0.20	未測定			2017
	その他工程等	3/4	2,300	ND ~ 9,100	6.0	0.93 ~ 20	未測定			
難燃プラスチック成形加工施設	総合排水出口等	4/6	600	ND ~ 3,000	2.8	0 ~ 14	4/6	0.25	ND ~ 0.45	2004
	その他工程等	4/4	2,400	ND ~ 9,300	16	0 ~ 63	1/4	0.35	0.35	
下水道終末処理施設	流入水	3/3	5,300	110 ~ 13,000	26	0.25 ~ 63	1/3	0.14	ND ~ 0.43	2004
	最初沈殿池流出水	2/3	1,900	ND ~ 5,700	10	0 ~ 30	1/3	0.077	ND ~ 0.23	
	最終沈殿池流出水	1/3	370	ND ~ 1,100	0.63	0 ~ 1.9	0/3	ND	ND	
	放流水	1/4	470	ND ~ 1,400	0.73	0 ~ 2.2	0/3	ND	ND	
下水道終末処理施設	流入水	6/6	28,000	44 ~ 170,000	34	0.12 ~ 200	未測定			2014
	放流水	6/6	200	1.1 ~ 1,200	0.56	0.0043 ~ 3.2	未測定			
難燃剤製造施設 (2,4,6-TBP)	総合排水	3/3	30	14 ~ 55	0.062	0.022 ~ 0.096	1/3	3.0	ND ~ 9.0	2005
	工程水	2/2	650,000	220・1,300,000	0.35	0.29・0.40	1/2	20	ND・41	
難燃剤取扱施設 (DeBDE)	総合排水	2/2	2,600	340・4,900	14	0.69・27	1/2	2.5	ND・5.0	2006
	工程水	1/1	220,000	220,000	360	360	0/1	ND	ND	
難燃プラスチック製造施設 (TBBPAエポキシ樹脂/発泡ポリスチレン)	総合排水	0/2	ND	ND・ND	0	0・0	0/2	ND	ND	2008
	工程水	1/1	15,000	15,000	0.083	0.083	0/1	ND	ND	
アルミニウム第二次精錬・精製製造施設	総合排水	3/3	140	3.3 ~ 320	0.44	0 ~ 1.1	0/3	10	ND ~ 30	2009
セメント製造施設	総合排水	2/3	31	ND ~ 85	0.18	0 ~ 0.50	0/3	ND	ND	2010
廃棄物焼却施設	総合排水	3/3	20	1.4 ~ 50	0.067	0.002 ~ 0.18	未測定			2012

### 1.3 建屋内空気(PBDD/Fs・MoBPCDD/Fs)排出濃度

調査対象施設等 ※単位 実測濃度: pg/m <sup>3</sup> 毒性等量相当値: pg-TEQ/m <sup>3</sup>	PBDD/Fs					MoBPCDD/Fs			調査年
	検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		毒性等量相当値		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
		平均値	濃度範囲	平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
家電リサイクル施設	10/10	13,000	930 ~ 75,000	37	3.2 ~ 180	9/10	4.7	ND ~ 30	2002
家電リサイクル施設周辺	16/16	810	100 ~ 2,500	3.1	0.34 ~ 9.8	未測定			2011
難燃繊維加工施設	7/7	160	1.3 ~ 950	0.86	0 ~ 5.6	3/7	0.67	ND ~ 3.2	2003
難燃繊維加工施設	3/3	850	83 ~ 2,300	8.6	0.32 ~ 25	未測定			2013
難燃プラスチック成形加工施設	9/9	580	0.49 ~ 2,200	3.1	0 ~ 13	2/9	0.3	ND ~ 2.5	2004
難燃剤取扱施設 (DeBDE)	2/2	27,000	38,000・16,000	47	16・78	0/2	ND	ND	2006
難燃プラスチック製造施設 (発泡ポリスチレン)	1/1	5.3	5.3	0.0081	0.0081	1/1	0.17	0.17	2008
廃棄物焼却施設	8/8	27	0.50 ~ 140	0.0800	0.0011 ~ 0.45	未測定			2012

## 2. 臭素系ダイオキシン類発生源近傍の環境中濃度

### 2.1 環境大気(PBDD/Fs・MoBPCDD/Fs)濃度

調査対象施設等 ※単位 実測濃度: pg/m <sup>3</sup> 毒性等量相当値: pg-TEQ/m <sup>3</sup>	PBDD/Fs					MoBPCDD/Fs			調査年
	検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		毒性等量相当値		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
		平均値	濃度範囲	平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
家電リサイクル施設周辺	7/7	10	3.6 ~ 26	0.058	0.011 ~ 0.15	4/7	0.84	ND ~ 3.7	2002
家電リサイクル施設周辺	18/18	20	0.94 ~ 110	0.073	0.0015 ~ 0.45	未測定			2011
難燃プラスチック製造施設周辺	8/8	140	0.88 ~ 990	0.11	0.0028 ~ 0.65	5/8	1.3	ND ~ 8.9	2002
難燃剤製造施設周辺 (TBBPA/ TBBPAポリカーボネートオリゴマー)	4/4	23	0.10 ~ 88	0.095	0 ~ 0.37	2/4	0.20	ND ~ 0.78	2003
難燃繊維加工施設周辺	6/6	4.1	0.56 ~ 8.8	0.011	0 ~ 0.042	6/6	0.21	0.031 ~ 0.38	
難燃繊維加工施設周辺	8/8	8.7	4.2 ~ 18	0.031	0.011 ~ 0.066	未測定			2013
難燃プラスチック成形加工施設周辺	12/12	8.9	0.12 ~ 47	0.010	0 ~ 0.10	6/12	0.047	ND ~ 0.36	2004
下水道終末処理施設周辺	6/6	4.5	1.3 ~ 7.9	0.0064	0 ~ 0.022	5/6	0.030	ND ~ 0.088	
下水道終末処理施設周辺	4/4	0.43	0.25 ~ 0.62	0.00062	0.00043 ~ 0.00089	未測定			2014
難燃剤製造施設周辺 (2,4,6-TBP)	5/5	3.3	0.87 ~ 7.6	0.0028	0.0015 ~ 0.0044	5/5	1.3	0.005 ~ 3.8	2005
難燃剤取扱施設周辺 (DeBDE)	4/4	110	8.2 ~ 390	0.37	0.01 ~ 1.4	1/4	0.0018	ND ~ 0.007	2007
難燃プラスチック製造施設 (TBBPAエポキシ樹脂/発泡ポリスチレン)	4/4	5.1	4.1 ~ 5.8	0.022	0.0045 ~ 0.044	4/4	0.49	0.018 ~ 1.2	2008
アルミニウム第二次精錬・精製製造施設	4/4	5.8	2.1 ~ 12	0.022	0.0050 ~ 0.044	4/4	0.32	0.013 ~ 0.72	2009
セメント製造施設	4/4	1.6	0.73 ~ 2.2	0.0020	0.00095 ~ 0.0040	1/4	0.075	ND ~ 0.21	2010
廃棄物焼却施設	11/11	2.6	0.38 ~ 12	0.0096	0.00074 ~ 0.046	未測定			2012

## 2.2 降下ばいじん(PBDD/Fs・MoBPCDD/Fs)濃度

調査対象施設等 ※単位 実測濃度:pg/m <sup>2</sup> /day 毒性等量相当値pg-TEQ/m <sup>2</sup> /day	PBDD/Fs					MoBPCDD/Fs			調査年
	検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		毒性等量相当値		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
		平均値	濃度範囲	平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
家電リサイクル施設周辺	7/7	47,000	2,000 ~ 180,000	250	3.5 ~ 960	7/7	4,800	17 ~ 33,000	2002
難燃プラスチック製造施設周辺	7/7	34,000	1100 ~ 120,000	150	2.8 ~ 660	7/7	130	9.4 ~ 590	
難燃剤製造施設周辺 (TBBPA/TBBPAホリカーボネートオリゴマー)	2/2	3,000	500・5,400	19	1.7・36	2/2	9	ND・18	2003
難燃繊維加工施設周辺	3/3	2,300	900 ~ 3,300	14	2.6 ~ 20	3/3	100	26 ~ 160	
難燃プラスチック成形加工施設周辺	6/6	670	140 ~ 1,600	1.3	0 ~ 3.2	5/6	18	ND ~ 46	2004
下水道終末処理施設周辺	3/3	410	240 ~ 680	0.3	0 ~ 0.50	2/3	8.6	ND ~ 16	
難燃剤製造施設周辺(2,4,6-TBP)	3/3	1,300	460 ~ 2,500	2.0	0.67 ~ 3.2	2/3	29	ND ~ 83	2005
難燃剤取扱施設周辺(DeBDE)	2/2	13,000	8,500・17,000	41	33・49	1/2	16	ND・31	2006
難燃プラスチック製造施設 (TBBPAエポキシ樹脂/発泡ポリスチレン)	2/2	2,800	4,900・610	12	23・1.9	1/2	60	120・ND	2008
アルミニウム第二次精錬・精製製造施設	3/3	1,500	430 ~ 2,400	5.3	1.2 ~ 7.9	3/3	270	200 ~ 360	2009
セメント製造施設	2/2	660	380・930	2.0	0.82・3.2	2/2	25	18・32	2010

### 2.3 公共用水域水質(PBDD/Fs・MoBPCDD/Fs)濃度

調査対象施設等 ※単位 実測濃度:pg/L 毒性等量相当値:pg-TEQ/L		PBDD/Fs					MoBPCDD/Fs			調査年
		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		毒性等量相当値		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
			平均値	濃度範囲	平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
家電リサイクル施設周辺	河川上流	1/2	14	ND・28	0.055	0・0.11	2/2	0.63	0.32・0.94	2002
	河川下流	2/3	29	ND～87	0.057	0～0.17	1/3	0.10	ND～0.30	
家電リサイクル施設周辺	河川上流	4/5	20	ND～72	0.082	0～0.34	未測定			2011
	河川下流	5/5	59.0	1.1～170	0.20	0.004～0.59	未測定			
難燃プラスチック 製造施設周辺	河川上流・ 排出口から離れた海域	3/5	5.1	ND～20	0.014	0～0.028	0/5	ND	ND	2002
	河川下流・ 排出口付近海域	4/6	5.8	ND～31	0.010	0～0.037	0/6	ND	ND	
難燃剤製造施設周辺 (TBBPA/ TBBPAポリカーボネートオリゴマー)	排出口から離れた海域	2/2	95	20・170	0.23	0.050・0.41	2/2	2.5	2・3	2003
	排出口付近海域	2/2	13	0.5・25	0.025	0・0.050	2/2	1.5	1・2	
難燃繊維加工施設周辺	河川上流	2/2	3,300	16・6,600	9.0	0.065・18	2/2	68	5.6・130	2003
	河川下流	2/2	7,300	7,200・7,300	21	18・23	2/2	85	49・120	
	排出口から離れた海域	1/1	23	23	0.072	0.072	1/1	5.8	5.8	
	排出口付近海域	1/1	5,900	5,900	29	29	1/1	11	11	
難燃繊維加工施設周辺	河川上流	1/1	8.5	8.5	0.00099	0.00099	未測定			2013
	河川下流	1/1	1,400	1,400	4.0	4.0	未測定			
難燃繊維加工施設周辺	河川上流	2/2	77	14・140	0.39	0.15・0.62	未測定			2015
	河川下流	2/2	140	130・140	0.6	0.55・0.56	未測定			
難燃プラスチック 成形加工施設周辺	河川上流・ 排出口から離れた海域	1/6	1.2	ND～7.1	0.0067	0～0.04	1/6	0.1	ND～0.6	2004
	河川下流・ 排出口付近海域	3/6	10	ND～49	0.023	0～0.10	3/6	0.48	ND～1.4	
下水道終末処理施設周辺	河川上流	3/3	2.4	0.52～5.1	0.013	0～0.04	2/3	0.52	ND～1.3	2004
	河川下流	2/3	330	ND～1,000	0.5	0～1.5	2/3	1.2	ND～3.3	
下水道終末処理施設周辺	河川上流・ 排出口から離れた海域	6/6	8.9	1.2～20	0.022	0.003～0.062	未測定			2014
	河川下流・ 排出口付近海域	6/6	260	3.4～1,500	0.96	0.008～5.6	未測定			
難燃剤製造施設周辺(2,4,6-TBP)	排出口から離れた海域	1/3	17	ND～50	0.0012	0～0.0036	1/3	0.9	ND～2.8	2005
	排出口付近海域	1/3	40	ND～120	0.083	0～0.25	2/3	1.5	ND～4.0	
難燃剤取扱施設周辺(DeBDE)	河川上流・ 排出口から離れた海域	2/2	27	32・22	0.055	0.051・0.059	1/2	2.7	ND・5.4	2006
	河川下流・ 排出口付近海域	2/2	85	97・73	0.10	0.073・0.13	1/2	2.6	ND・5.2	
難燃プラスチック製造施設周辺 (TBBPAエポキシ樹脂/発泡ポリスチレン)	河川上流・ 排出口から離れた海域	2/2	5.3	3.3・7.3	0.010	0.010・0.010	0/2	ND	ND・ND	2008
	河川下流・ 排出口付近海域	2/2	22	32・13	0.023	0.020・0.026	0/2	ND	ND・ND	
アルミニウム第二次精錬・精製製造施設	河川上流	2/2	27	1.0～78	0.072	0～0.21	0/2	ND	ND・ND	2009
	河川下流	2/2	12	0.42～34	0.049	0～0.14	0/2	ND	ND・ND	
セメント製造施設	河川上流	1/3	1.7	ND～5.0	0	0	0/2	ND	ND・ND	2010
	河川下流	1/2	4.0	ND・7.9	0	0	0/2	ND	ND・ND	
廃棄物焼却施設	河川上流・ 排出口から離れた海域	2/2	12	0.05～24	0.030	0～0.060	未測定			2012
	河川下流・ 排出口付近海域	2/2	19.0	0.12～37	0.070	0～0.14	未測定			

## 2.4 公共用水域底質(PBDD/Fs・MoBPCDD/Fs)濃度

調査対象施設等		PBDD/Fs					MoBPCDD/Fs			調査年
		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		毒性等量相当値		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
			平均値	濃度範囲	平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
家電リサイクル施設周辺	河川上流	1/2	75	ND・150	0.46	0・0.91	1/2	22	ND・44	2002
	河川下流	2/3	150	ND～410	1.0	0～3.0	2/3	37	ND～98	
家電リサイクル施設周辺	河川上流	4/4	710	0.40～2,600	2.9	0.0033～11	未測定			2011
	河川下流	4/4	1,300	0.51～4,700	4.2	0.0031～16	未測定			
難燃プラスチック製造施設周辺	河川上流・ 排出口から離れた海域	4/5	130	ND～280	0.98	0～3.3	4/5	90	ND～190	2002
	河川下流・ 排出口付近海域	5/6	520	ND～1,400	2.1	0～8.0	5/6	150	ND～670	
難燃剤製造施設周辺 (TBBPA/ TBBPAポリカーボネートオリゴマー)	排出口から離れた海域	2/2	720	30・1,400	4.1	0.11・8.1	2/2	53	11・94	2003
	排出口付近海域	2/2	1,800	84・3,600	8.2	0.37・16	2/2	48	2.9・94	
難燃繊維加工施設周辺	河川上流	2/2	650	1.3・1,300	3.6	0.23・6.9	2/2	22	1.0・42	
	河川下流	2/2	1,000	28・2,000	5.1	0.11・10	2/2	7.5	ND・15	
難燃繊維加工施設周辺	排出口から離れた海域	1/1	9.5	9.5	0.023	0.023	1/1	0.6	0.6	
	排出口付近海域	1/1	16	16	0.074	0.074	1/1	1.4	1.4	
難燃繊維加工施設周辺	河川上流	1/1	180	180	0.26	0.26	未測定			2013
	河川下流	1/1	13,000	13,000	170	170	未測定			
難燃繊維加工施設周辺	河川上流	2/2	950	2.6・1,900	3.0	0.051・5.9	未測定			2015
	河川下流	2/2	3,500	150・6,900	17	0.43・33	未測定			
難燃プラスチック成形加工施設周辺	河川上流・ 排出口から離れた海域	3/6	5.4	ND～27	0.040	0～0.22	4/6	2.0	ND～9.3	2004
	河川下流・ 排出口付近海域	5/6	21	ND～27	0.063	0～0.22	5/6	2.3	ND～7.2	
下水道終末処理施設周辺	河川上流	2/3	110	ND～190	0.52	0～0.93	3/3	8.3	0.75～14	2014
	河川下流	3/3	570	16～1,000	2.5	0.05～4.2	3/3	3.4	2.2～4.3	
下水道終末処理施設周辺	河川上流・ 排出口から離れた海域	6/6	91	13～260	0.35	0.036～1.0	未測定			
	河川下流・ 排出口付近海域	6/6	190	7.0～860	0.82	0.019～3.9	未測定			
難燃剤製造施設周辺 (2,4,6-TBP)	排出口から離れた海域	3/3	570	50～1,500	11	0.31～30	3/3	76	16～140	2005
	排出口付近海域	3/3	1,300	1300	10	7.1～14	3/3	3,000	27～8,300	
難燃剤取扱施設周辺 (DeBDE)	河川上流・ 排出口から離れた海域	2/2	370	88・660	2.5	1.7・3.3	2/2	38	0.84・76	2006
	河川下流・ 排出口付近海域	2/2	2,200	32・4,300	10	1.8・20	2/2	130	1.2・260	
難燃プラスチック製造施設周辺 (TBBPAエポキシ樹脂/ 発泡ポリスチレン)	河川上流・ 排出口から離れた海域	2/2	320	640・8.5	5.5	11・0.0078	1/2	130	260・ND	2008
	河川下流・ 排出口付近海域	2/2	610	1,100・120	4.1	7.7・0.50	1/2	4,700	9,400・ND	
アルミニウム第二次精錬・ 精製製造施設	河川上流	2/2	31	1.4・60	0.090	0・0.18	1/2	7.0	ND・14	2009
	河川下流	2/2	100	1.9・200	0.45	0.0086・0.90	1/2	15	ND・29	
セメント製造施設	河川上流	3/3	16	1.2～42	0.094	0～0.28	1/3	0.27	0～0.8	2010
	河川下流	1/2	4.0	ND・7.9	0	0	0/2	ND	ND	
廃棄物焼却施設	排出口から離れた海域	1/1	0.31	0.31	0	0	未測定			2012
	排出口付近海域	1/1	12.0	12	0.045	0.045	未測定			

### 3. 臭素系難燃物質発生源排出濃度

#### 3.1 排出ガス(PBDEs・TBBPA・HBCDs・TrBPhs)排出濃度

調査対象施設等 ※単位 実測濃度: ng/m <sup>3</sup> N		PBDEs			TBBPA			調査年
		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
			平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
家電リサイクル施設		7/7	360	3.9 ~ 1,400	7/7	110	13 ~ 300	2002
家電リサイクル施設		7/7	210	0.26 ~ 3,000	6/7	4.5	ND ~ 23	2011
難燃プラスチック製造施設	総合排出口	5/5	83	1.0 ~ 230	5/5	130,000	3.1 ~ 620,000	2002
	押出機出口	6/6	69	22 ~ 170	6/6	60,000	540 ~ 350,000	
難燃繊維加工施設		7/7	2,400	16 ~ 9,000	7/7	550	8.6 ~ 2,400	2003
難燃繊維加工施設		4/4	360	140 ~ 860	2/4	2.2	ND ~ 6.4	2013
難燃プラスチック成形加工施設		9/9	270,000	16 ~ 2,100,000	9/9	4.2	0.84 ~ 12	2004
下水道終末処理施設	脱臭装置入口	3/3	130	110 ~ 160	3/3	1.8	1.4 ~ 2.2	
	脱臭装置出口	3/3	13	6.7 ~ 19	3/3	1.8	1.3 ~ 2.1	
	焼却炉	3/3	88	14 ~ 230	3/3	4.0	3.3 ~ 5.1	
下水道終末処理施設		2/2	1.3	0.51・2.1	0/2	ND	ND	2014
難燃剤製造施設(2,4,6-TBP)		3/3	5,200	310 ~ 10,000	3/3	180,000	940 ~ 540,000	2005
難燃プラスチック製造施設 (TBBPAエポキシ樹脂/発泡ポリスチレン)	総合排出口	2/2	13	9.1・16	2/2	470	930・16	2008
	冷却工程出口	1/1	2.9	2.9	1/1	0.47	0.47	
アルミニウム第二次精錬・精製製造施設		4/4	9.4	2.5 ~ 18	4/4	1.3	0.50 ~ 2.1	2009
セメント製造施設		2/2	5.6	3.4・7.8	2/2	1.3	0.3・2.2	2010
廃棄物焼却施設		6/6	0.8	0.4 ~ 1.8	2/6	0.19	ND ~ 1.1	2012

調査対象施設等 ※単位 実測濃度: ng/m <sup>3</sup> N		HBCDs			TrBPhs <sup>(※)</sup>			調査年
		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
			平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
家電リサイクル施設			未測定			未測定		2002
家電リサイクル施設		6/7	8	6.0 ~ 19	6/7	420	ND ~ 4,700	2011
難燃プラスチック製造施設	総合排出口		未測定			未測定		2002
	押出機出口		未測定			未測定		
難燃繊維加工施設		7/7	740,000	46 ~ 3,700,000	7/7	2,200	9.2 ~ 14,000	2003
難燃繊維加工施設		3/4	3.4	ND ~ 8.2	4/4	9.8	6.0 ~ 19	2013
難燃プラスチック成形加工施設		9/9	110	6.8 ~ 790	7/9	37	ND ~ 190	2004
下水道終末処理施設	脱臭装置入口	3/3	29	19 ~ 39	3/3	12	5.4 ~ 22	
	脱臭装置出口	3/3	31	ND ~ 79	3/3	7.6	5.4 ~ 11	
	焼却炉	3/3	36	6.6 ~ 78	3/3	12	5.6 ~ 22	
下水道終末処理施設		0/2	ND	ND	2/2	62	24・100	2014
難燃剤製造施設(2,4,6-TBP)		2/3	460	ND ~ 790	3/3	14,000,000	16,000 ~ 41,000,000	2005
難燃プラスチック製造施設 (TBBPAエポキシ樹脂/発泡ポリスチレン)	総合排出口	2/2	49,000	700・98,000	2/2	1,400	2,800・14	2008
	冷却工程出口	1/1	1,600	1,600	1/1	7.1	7.1	
アルミニウム第二次精錬・精製製造施設		0/4	ND	ND	4/4	53	1.4 ~ 190	2009
セメント製造施設		0/2	ND	ND	2/2	19	9.2・28	2010
廃棄物焼却施設		3/6	0.083	ND ~ 0.2	5/6	1,000	ND ~ 6,000	2012

(※)2014年度は、PBPhs

### 3.2 排水水 (PBDEs・TBBPA) 排出濃度

調査対象施設等 ※単位 実測濃度: ng/L		PBDEs			TBBPA			調査年
		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
			平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
家電リサイクル施設	雑排水	6/6	610	110 ~ 1,800	6/6	780	18 ~ 2,600	2002
	工程水	1/1	190,000	190,000	1/1	25,000	25,000	
家電リサイクル施設	総合排水	10/10	4,900	47 ~ 24,000	10/10	1,200	1.4 ~ 5,600	2011
	工程水	2/2	12,000	5.3・24,000	1/2	1,700	ND・3,300	
難燃プラスチック製造施設	総合排水出口等	6/6	1,600	0.15 ~ 7,600	6/6	43,000	9.4 ~ 220,000	2002
	その他工程等	13/13	140	0.85 ~ 400	13/13	2,400	6.7 ~ 12,000	
難燃繊維加工施設	総合排水出口等	3/3	2,100,000	1,900 ~ 6,200,000	3/3	440	61 ~ 710	2003
	その他工程等	4/4	1,900	140 ~ 6,500	4/4	79	13 ~ 170	
難燃繊維加工施設	処理後排水出口等	4/4	1,600,000	270 ~ 6,400,000	4/4	6.6	3.7 ~ 8.7	2005
	その他工程等	10/10	5,000,000	500 ~ 40,000,000	10/10	20	0.93 ~ 87	
難燃繊維加工施設	処理後排水出口等	8/8	1,000,000	72 ~ 7,900,000	未測定			2007
	その他工程等	6/6	210,000	880 ~ 830,000	未測定			
難燃繊維加工施設	処理後排水出口等	5/5	2,000,000	620 ~ 10,000,000	2/5	0.53	ND ~ 2.2	2013
	その他工程等	2/2	3,300,000	2,300,000・4,200,000	2/2	0.71	0.42・1.0	
難燃繊維加工施設	処理後排水出口等	2/2	150,000	1,000・290,000	2/2	2.7	0.88・4.6	2015
	その他工程等	2/2	4,100,000	330,000・7,800,000	2/2	18	17・18	
難燃繊維加工施設	処理後排水出口等	1/1	2,000,000	620 ~ 10,000,000	2/5	0.53	ND ~ 2.2	2017
	その他工程等	1/1	3,300,000	2,300,000・4,200,000	2/2	0.71	0.42・1.0	
難燃プラスチック成形加工施設	総合排水出口等	6/6	710	2.4 ~ 4,200	6/6	1.5	0.15 ~ 6.7	2004
	その他工程等	4/4	230	3.6 ~ 440	4/4	3.8	0.16 ~ 11	
下水道終末処理施設	流入水	3/3	160,000	140 ~ 490,000	3/3	9.6	6.7 ~ 11	2004
	最初沈殿池流出水	3/3	33,000	13 ~ 100,000	3/3	3.3	2.0 ~ 4.1	
	最終沈殿池流出水	3/3	5,300	3.9 ~ 16,000	3/3	0.45	0.34 ~ 0.56	
	放流水	3/3	6,000	3.2 ~ 18,000	3/3	0.86	0.33 ~ 1.4	
下水道終末処理施設	流入水	6/6	35,000	17 ~ 210,000	6/6	9.7	7.2 ~ 12	2014
	放流水	6/6	520	0.46 ~ 3,100	6/6	0.44	0.21 ~ 0.70	
難燃剤製造施設(2,4,6-TBP)	総合排水	3/3	5.0	4.1 ~ 5.9	3/3	130	12 ~ 270	2005
	工程水	2/2	100	8.4・200	2/2	1,400,000	490・2,700,000	
難燃プラスチック製造施設 (TBBPA=ホキシ樹脂/発泡ポリスチレン)	総合排水	2/2	0.90	1.5・0.31	2/2	2.3	4.3・0.33	2008
	工程水	1/1	2.5	2.5	1/1	23	23	
アルミニウム第二次精錬・精製製造施設	総合排水	3/3	3.8	0.86 ~ 8.3	3/3	0.61	0.51 ~ 0.72	2009
セメント製造施設	総合排水	3/3	7.2	0.37 ~ 20	3/3	0.44	0.47 ~ 0.99	2010
廃棄物焼却施設	総合排水	3/3	1	0.067 ~ 2.2	3/3	1.76	0.49 ~ 3.6	2012



### 3.3 排水水 (HBCDs・TrBPhs) 排出濃度

調査対象施設等 ※単位 実測濃度: ng/L		HBCDs			TrBPhs <sup>(※)</sup>			調査年
		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
			平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
家電リサイクル施設	雑排水	未測定			未測定			2002
	工程水	未測定			未測定			
家電リサイクル施設	総合排水	10/10	91	1.6 ~ 430	10/10	440	4.6 ~ 2,700	2011
	工程水	2/2	66	2.7・130	2/2	1,500	1,100・1,800	
難燃プラスチック製造施設	総合排水出口等	未測定			未測定			2002
	その他工程等	未測定			未測定			
難燃繊維加工施設	総合排水出口等	3/3	1,200,000	180,000 ~ 2,000,000	3/3	68	32 ~ 100	2003
	その他工程等	4/4	180,000,000	1,400,000 ~ 530,000,000	4/4	710	17 ~ 2,700	
難燃繊維加工施設	処理後排水出口等	4/4	3,800,000	610,000 ~ 8,100,000	4/4	89	49 ~ 190	2005
	その他工程等	10/10	13,000,000	4,400 ~ 44,000,000	10/10	140	33 ~ 320	
難燃繊維加工施設	処理後排水出口等	8/8	0.91	0.34 ~ 2.1	未測定			2007
	その他工程等	6/6	3.2	0.07 ~ 9.3	未測定			
難燃繊維加工施設	処理後排水出口等	5/5	210	0.63 ~ 970	5/5	42	1.0 ~ 190	2013
	その他工程等	2/2	24	2.2・46	2/2	7.4	4.7・10	
難燃繊維加工施設	処理後排水出口等	2/2	3.4	5.1・1.6	2/2	16	11・20	2015
	その他工程等	2/2	550	200・890	2/2	3,200	54・6,400	
難燃繊維加工施設	処理後排水出口等	5/5	210	0.63 ~ 970	5/5	42	1.0 ~ 190	2017
	その他工程等	2/2	24	2.2・46	2/2	7.4	4.7・10	
難燃プラスチック成形加工施設	総合排水出口等	5/6	2.5	ND ~ 5.0	6/6	2.9	0.62 ~ 7.4	2004
	その他工程等	4/4	0.99	0.5 ~ 1.3	4/4	20	0.38 ~ 71	
下水道終末処理施設	流入水	3/3	5,700	11 ~ 17,000	3/3	2.2	1.4 ~ 3.4	2004
	最初沈殿池流出水	3/3	210	9.7 ~ 620	3/3	3.9	1.3 ~ 7.7	
	最終沈殿池流出水	3/3	400	1.6 ~ 1,200	3/3	5.2	1.4 ~ 8.1	
	放流水	3/3	400	2.9 ~ 1,200	3/3	32	5.9 ~ 84	
下水道終末処理施設	流入水	6/6	91	26 ~ 280	6/6	13	4.8 ~ 21	2014
	放流水	6/6	1	0.40 ~ 1.6	6/6	0.61	0.05 ~ 1.6	
難燃剤製造施設 (2,4,6-TBP)	総合排水	3/3	8.1	1.9 ~ 16	3/3	57	32 ~ 96	2005
	工程水	2/2	110	17・200	2/2	16,000,000	2,700・31,000,000	
難燃プラスチック製造施設 (TBBPAエポキシ樹脂/発泡ポリスチレン)	総合排水	2/2	3,000	0.4・6,000	2/2	8.7	11・6.4	2008
	工程水	0/1	ND	ND	1/1	8,100	8,100	
アルミニウム第二次精錬・精製製造施設	総合排水	1/3	1.3	ND ~ 4.0	3/3	2.1	0.14 ~ 5.2	2009
セメント製造施設	総合排水	1/3	1.1	ND ~ 3.3	3/3	1.7	1.1 ~ 2.4	2010
廃棄物焼却施設	総合排水	2/3	0.043	ND ~ 0.07	3/3	44	13 ~ 80	2012

(※) 2014・2015・2017年度は、PBPhs

### 3.4 建屋内空気(PBDEs・TBBPA・HBCDs・TrBPhs)濃度

調査対象施設等 ※単位 実測濃度: ng/m <sup>3</sup>	PBDEs			TBBPA			調査年
	検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
		平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
家電リサイクル施設	10/10	3,800	89 ~ 19,000	10/10	61	2.3 ~ 250	2002
家電リサイクル施設	16/16	190	9.9 ~ 710	16/16	36	4.2 ~ 110	2011
難燃繊維加工施設	7/7	20	0.65 ~ 91	7/7	18	3.0 ~ 57	2003
難燃繊維加工施設	3/3	240	130 ~ 380	3/3	2.2	0.06 ~ 6.1	2013
難燃プラスチック成形加工施設	9/9	1,300	0.97 ~ 11,000	9/9	2.8	0.15 ~ 20	2004
難燃プラスチック製造施設 (発泡ポリスチレン)	1/1	0.88	0.88	1/1	0.10	0.10	2008
アルミニウム第二次精錬・精製製造施設	3/3	0.94	0.62 ~ 1.4	3/3	0.49	0.33 ~ 0.76	2009
廃棄物焼却施設	8/8	14	0.15 ~ 110	8/8	0.51	0.023 ~ 3.5	2012

調査対象施設等 ※単位 実測濃度: ng/m <sup>3</sup>	HBCDs			TrBPhs			調査年
	検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
		平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
家電リサイクル施設	未測定			未測定			2002
家電リサイクル施設	16/16	1.9	0.47 ~ 6.2	16/16	5.3	0.60 ~ 12	2011
難燃繊維加工施設	7/7	1,700	200 ~ 5,900	7/7	8.9	0.86 ~ 24	2003
難燃繊維加工施設	3/3	0.31	0.14 ~ 0.61	3/3	0.23	0.16 ~ 0.32	2013
難燃プラスチック成形加工施設	9/9	0.46	0.12 ~ 2.1	9/9	4.1	0.16 ~ 32	2004
難燃プラスチック製造施設 (発泡ポリスチレン)	1/1	800	800	1/1	3.6	3.6	2008
アルミニウム第二次精錬・精製製造施設	0/3	ND	ND	3/3	0.28	0.070 ~ 0.70	2009
廃棄物焼却施設	7/8	1.70	ND ~ 13	7/8	0.17	0 ~ 0.82	2012

#### 4. 臭素系難燃物質発生源近傍の環境中濃度

##### 4.1 環境大気(PBDEs・TBBPA・HBCDs・TrBPhs)濃度

調査対象施設等 ※単位 実測濃度: ng/m <sup>3</sup>	PBDEs			TBBPA			調査年
	検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
		平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
家電リサイクル施設周辺	7/7	1.1	0.44 ~ 3.3	7/7	0.33	0.13 ~ 1.1	2002
家電リサイクル施設	18/18	3.3	0.037 ~ 25	18/18	0.95	0.015 ~ 4.3	2011
難燃プラスチック製造施設周辺	8/8	6.4	0.032 ~ 42	8/8	4.8	0.12 ~ 10	2002
難燃繊維加工施設周辺	6/6	1.7	0.054 ~ 6.1	6/6	2.3	0.14 ~ 5.4	2003
難燃繊維加工施設周辺	8/8	1.6	0.38 ~ 4.4	8/8	0.028	0.010 ~ 0.11	2013
難燃プラスチック成形加工施設周辺	12/12	0.21	0.012 ~ 1.5	12/12	0.14	0.0074 ~ 0.53	2004
下水道終末処理施設周辺	6/6	0.13	0.027 ~ 0.53	6/6	0.13	0.014 ~ 0.47	
下水道終末処理施設周辺	4/4	0.038	0.021 ~ 0.050	4/4	0.062	0.027 ~ 0.098	2014
難燃剤製造施設周辺(2,4,6-TBP)	5/5	0.20	0.063 ~ 0.58	5/5	130	4.0 ~ 520	2005
難燃プラスチック製造施設周辺 (TBBPAエポキシ樹脂/発泡ポリスチレン)	4/4	0.078	0.043 ~ 0.11	4/4	130	0.0089 ~ 270	2008
アルミニウム第二次精錬・精製製造施設	6/6	0.18	0.076 ~ 0.29	6/6	0.071	0.0098 ~ 0.16	2009
セメント製造施設	4/4	0.079	0.033 ~ 0.11	4/4	0.073	0.032 ~ 0.18	2010
廃棄物焼却施設	11/11	0.32	0.025 ~ 2.2	11/11	0.012	0.0015 ~ 0.039	2012

調査対象施設等 ※単位 実測濃度: ng/m <sup>3</sup>	HBCDs			TrBPhs <sup>(※)</sup>			調査年
	検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
		平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
家電リサイクル施設周辺	未測定			未測定			2002
家電リサイクル施設	18/18	0.20	0.038 ~ 0.97	18/18	0.097	0.004 ~ 0.23	2011
難燃プラスチック製造施設周辺	未測定			未測定			2002
難燃繊維加工施設周辺	6/6	59	2.2 ~ 140	6/6	0.33	0.033 ~ 0.86	2003
難燃繊維加工施設周辺	8/8	0.057	0.015 ~ 0.21	8/8	0.029	0.013 ~ 0.064	2013
難燃プラスチック成形加工施設周辺	9/12	0.44	ND ~ 5.1	12/12	0.16	0.040 ~ 0.43	2004
下水道終末処理施設周辺	5/6	0.65	ND ~ 3.4	6/6	0.25	0.021 ~ 0.90	
下水道終末処理施設周辺	4/4	0.036	0.030 ~ 0.047	4/4	0.014	ND ~ 0.031	2014
難燃剤製造施設周辺(2,4,6-TBP)	4/5	0.067	ND ~ 0.16	5/5	30	0.59 ~ 130	2005
難燃プラスチック製造施設周辺 (TBBPAエポキシ樹脂/発泡ポリスチレン)	4/4	8.6	0.16 ~ 23	4/4	18	0.22 ~ 65	2008
アルミニウム第二次精錬・精製製造施設	6/6	0.053	0.025 ~ 0.11	6/6	0.026	0.013 ~ 0.034	2009
セメント製造施設	1/4	0.10	ND ~ 0.41	4/4	0.016	0.0066 ~ 0.024	2010
廃棄物焼却施設	10/11	0.05	ND ~ 0.29	11/11	0.028	0.012 ~ 0.058	2012

(※)2014年度は、PBPhs

## 4.2 降下ばいじん(PBDEs・TBBPA・HBCDs・TrBPhs)濃度

調査対象施設等 ※単位 実測濃度: ng/m <sup>2</sup> /day	PBDEs			TBBPA			調査年
	検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
		平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
家電リサイクル施設周辺	7/7	4,100	510 ~ 22,000	7/7	790	130 ~ 1,700	2002
難燃プラスチック製造施設周辺	7/7	5,500	100 ~ 29,000	7/7	2,000	210 ~ 3,300	
難燃繊維加工施設周辺	3/3	220	78 ~ 330	3/3	270	88 ~ 420	2003
難燃プラスチック成形加工施設周辺	6/6	74	19 ~ 160	6/6	28	3.0 ~ 53	2004
下水道終末処理施設周辺	3/3	55	24 ~ 72	3/3	45	6.5 ~ 98	
難燃剤製造施設周辺(2,4,6-TBP)	3/3	57	43 ~ 70	3/3	18,000	1,700 ~ 39,000	2005
難燃プラスチック製造施設周辺 (TBBPAエポキシ樹脂/発泡ポリスチレン)	2/2	78	110・46	2/2	35,000	69,000・63	2008
アルミニウム第二次精錬・精製製造施設	3/3	39	14 ~ 54	3/3	37	9.3・85	2009
セメント製造施設	2/2	77	76・78	2/2	51	15・86	2010

調査対象施設等 ※単位 実測濃度: ng/m <sup>2</sup> /day	HBCDs			TrBPhs			調査年
	検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
		平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
家電リサイクル施設周辺		未測定			未測定		2002
難燃プラスチック製造施設周辺		未測定			未測定		
難燃繊維加工施設周辺	3/3	2,700	1,900 ~ 3,700	3/3	83	38 ~ 120	2003
難燃プラスチック成形加工施設周辺	6/6	400	5.8 ~ 2,300	6/6	52	18 ~ 110	2004
下水道終末処理施設周辺	3/3	13	9.1 ~ 19	3/3	26	18 ~ 38	
難燃剤製造施設周辺(2,4,6-TBP)	3/3	31	15 ~ 41	3/3	1,800	260 ~ 4,400	2005
難燃プラスチック製造施設周辺 (TBBPAエポキシ樹脂/発泡ポリスチレン)	2/2	4,300	55・8,500	2/2	33,000	66,000・150	2008
アルミニウム第二次精錬・精製製造施設	2/3	20	ND ~ 34	3/3	8.4	4.7 ~ 11	2009
セメント製造施設	2/2	270	140・400	2/2	9.2	8.4・10	2010

### 4.3 公共用水域水質 (PBDEs・TBBPA) 濃度

調査対象施設等 ※単位 実測濃度: ng/L		PBDEs			TBBPA			調査年
		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
			平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
家電リサイクル施設周辺	河川上流	2/2	6.8	0.52・13	2/2	1.2	0.24・2.1	2002
	河川下流	3/3	10	0.46 ~ 27	3/3	3.4	0.37 ~ 9.3	
家電リサイクル施設周辺	河川上流	5/5	5.4	0.22 ~ 24	5/5	1.0	0.07 ~ 3.6	2011
	河川下流	5/5	16	0.22 ~ 69	5/5	1.5	0.28 ~ 5.8	
難燃プラスチック製造施設周辺	河川上流・ 排出口から離れた海域	5/5	6.0	0.36 ~ 27	5/5	2.2	0.22 ~ 4.1	2002
	河川下流・ 排出口付近海域	6/6	14	0.40 ~ 83	6/6	16	0.40 ~ 62	
難燃繊維加工施設周辺	河川上流	2/2	5,500	26・11,000	2/2	4.0	2.8・5.2	2003
	河川下流	2/2	100,000	34,000・170,000	2/2	2.0	1.7・2.2	
	排出口から離れた海域	1/1	70	70	1/1	17	17	
	排出口付近海域	1/1	11,000	11,000	1/1	250	250	
難燃繊維加工施設周辺	河川上流	1/1	6.8	6.8	0/1	ND	ND	2013
	河川下流	1/1	25,000	25,000	1/1	0.32	0.32	
難燃繊維加工施設周辺	河川上流	2/2	33	24・42	2/2	0.37	0.098・0.65	2015
	河川下流	2/2	190	70・300	2/2	1.2	0.16・2.2	
難燃プラスチック成形加工施設周辺	河川上流・ 排出口から離れた海域	6/6	0.78	0.26 ~ 1.7	6/6	1.8	0.09 ~ 9.9	2004
	河川下流・ 排出口付近海域	6/6	5.7	0.24 ~ 23	6/6	1.6	0.12 ~ 8.4	
下水道終末処理施設周辺	河川上流	3/3	10	1.6 ~ 27	3/3	0.14	0.03 ~ 0.20	2004
	河川下流	3/3	3,700	3.7 ~ 11,000	3/3	0.33	0.27 ~ 0.42	
下水道終末処理施設周辺	河川上流・ 排出口から離れた海域	6/6	7.6	3.7 ~ 11,000	4/6	1.6	ND ~ 7.8	2014
	河川下流・ 排出口付近海域	6/6	690	0.82 ~ 4,100	6/6	1.6	0.14 ~ 6.9	
難燃剤製造施設周辺 (2,4,6-TBP)	排出口から離れた海域	3/3	0.70	0.45 ~ 1.1	3/3	0.73	0.24 ~ 1.0	2005
	排出口付近海域	3/3	3.6	0.28 ~ 8.5	3/3	39	3.0 ~ 85	
難燃プラスチック製造施設周辺 (TBBPAエポキシ樹脂/発泡ポリスチレン)	河川上流・ 排出口から離れた海域	2/2	0.74	0.82・0.67	2/2	0.47	0.11・0.82	2008
	河川下流・ 排出口付近海域	2/2	2.0	2.4・1.5	2/2	0.51	0.27・0.74	
アルミニウム第二次精錬・精製製造施設	河川上流	3/3	0.97	0.15 ~ 2.5	3/3	0.25	0.12 ~ 0.47	2009
	河川下流	3/3	0.62	0.21 ~ 1.1	3/3	0.39	0.083 ~ 1.0	
セメント製造施設	河川上流	3/3	0.18	0.09 ~ 0.33	3/3	0.06	0.02 ~ 0.08	2010
	河川下流	2/2	0.41	0.11・0.71	2/2	0.18	0.06・0.29	
廃棄物焼却施設	河川上流	2/2	2.2	0.055 ~ 4.3	2/2	0.047	0.017 ~ 0.076	2012
	河川下流	2/2	3.60	0.09 ~ 7.2	2/2	2.0	0.15 ~ 1.9	

#### 4.4 公共用水域水質 (HBCDs・TrBPhs) 濃度

調査対象施設等 ※単位 実測濃度: ng/L		HBCDs			TrBPhs <sup>(※)</sup>			調査年
		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
			平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
家電リサイクル施設周辺	河川上流		未測定			未測定		2002
	河川下流		未測定			未測定		
家電リサイクル施設周辺	河川上流	5/5	1.6	0.99 ~ 3.6	5/5	44	0.58 ~ 210	2011
	河川下流	5/5	2.0	0.95 ~ 5.2	5/5	61	0.810 ~ 290	
難燃プラスチック 製造施設周辺	河川上流・ 排出口から離れた海域		未測定			未測定		2002
	河川下流・ 排出口付近海域		未測定			未測定		
難燃繊維加工施設周辺	河川上流	2/2	9,100	1,100・17,000	2/2	2.9	1.7・4.0	2003
	河川下流	2/2	32,000	13,000・50,000	2/2	5.2	4.3・6.1	
	排出口から離れた海域	1/1	12,000	12,000	1/1	3.1	3.1	
	排出口付近海域	1/1	440,000	440,000	1/1	1,600	1,600	
難燃繊維加工施設周辺	河川上流	1/1	3.5	3.5	1/1	1.4	1.4	2013
	河川下流	1/1	47	47	1/1	2.2	2.2	
難燃繊維加工施設周辺	河川上流	2/2	0.54	0.26・0.81	2/2	1.7	1.2・2.2	2015
	河川下流	2/2	2.2	0.30・4.0	2/2	1.9	1.5・2.3	
難燃プラスチック 成形加工施設周辺	河川上流・ 排出口から離れた海域	6/6	25	ND ~ 110	6/6	4.8	0.55 ~ 15	2004
	河川下流・ 排出口付近海域	4/6	6.0	0.070 ~ 21	6/6	4.8	0.78 ~ 12	
下水道終末処理施設周辺	河川上流	3/3	13	0.53 ~ 37	3/3	0.94	0.13 ~ 1.6	2014
	河川下流	3/3	400	2.2 ~ 1,200	3/3	21	2.1 ~ 59	
下水道終末処理施設周辺	河川上流・ 排出口から離れた海域	6/6	1.2	0.70 ~ 2.0	6/6	33	0.3 ~ 150	2014
	河川下流・ 排出口付近海域	6/6	2.7	0.93 ~ 7.6	6/6	5.3	0.9 ~ 16	
難燃剤製造施設周辺 (2,4,6-TBP)	排出口から離れた海域	3/3	0.47	ND ~ 1.4	3/3	4.4	1.6 ~ 9.4	2005
	排出口付近海域	3/3	0.44	ND ~ 0.84	3/3	20	5.5 ~ 50	
難燃プラスチック製造施設周辺 (TBBPAエポキシ樹脂/発泡ポリスチレン)	河川上流・ 排出口から離れた海域	2/2	1.4	0.56・2.2	2/2	30	7.9・52	2008
	河川下流・ 排出口付近海域	2/2	48	0.41・96	2/2	28	18・39	
アルミニウム第二次精錬・精製製造施設	河川上流	1/3	0.31	ND ~ 0.93	3/3	1.1	0.24 ~ 2.5	2009
	河川下流	1/3	0.17	ND ~ 0.5	3/3	1.3	0.23 ~ 2.2	
セメント製造施設	河川上流	0/3	ND	ND	3/3	1.1	0.30 ~ 1.7	2010
	河川下流	0/2	ND	ND	2/2	1.0	0.24・1.8	
廃棄物焼却施設	河川上流	1/2	1.3	ND ~ 2.6	2/2	5.1	0.40 ~ 9.8	2012
	河川下流	1/2	0.24	ND ~ 0.47	2/2	5.2	0.30 ~ 10	

(※) 2014・2015年度は、PBPhs

#### 4.5 公共用水域底質 (PBDEs・TBBPA) 濃度

調査対象施設等 ※単位 実測濃度: ng/g-dry		PBDEs			TBBPA			調査年
		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
			平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
家電リサイクル施設周辺	河川上流	2/2	25	0.041・49	2/2	0.83	0.052・1.6	2002
	河川下流	3/3	35	0.19 ~ 96	3/3	6.5	0.037 ~ 13	
家電リサイクル施設周辺	河川上流	5/5	120	0.20 ~ 480	5/5	14	0.07 ~ 56	2011
	河川下流	5/5	310	0.13 ~ 1,200	5/5	40	0.08 ~ 140	
難燃プラスチック製造施設周辺	河川上流・ 排出口から離れた海域	5/5	190	0.69 ~ 520	5/5	1.7	0.42 ~ 4.7	2002
	河川下流・ 排出口付近海域	6/6	180	0.48 ~ 390	6/6	13	0.020 ~ 66	
難燃繊維加工施設周辺	河川上流	2/2	8,000	1.7・16,000	2/2	0.93	0.92・0.93	2003
	河川下流	2/2	2,800	9.6・5,500	2/2	0.74	0.65・0.83	
	排出口から離れた海域	1/1	1.4	1.4	1/1	0.033	0.033	
	排出口付近海域	1/1	6.2	6.2	1/1	0.29	0.29	
難燃繊維加工施設周辺	河川上流	1/1	48	48	1/1	0.35	0.35	2013
	河川下流	1/1	34,000	34,000	1/1	0.82	0.82	
難燃繊維加工施設周辺	河川上流	2/2	650	0.64・1,300	2/2	0.15	0.028・0.27	2015
	河川下流	2/2	2,500	160・4,900	2/2	4.2	0.057・8.4	
難燃プラスチック成形加工施設周辺	河川上流・ 排出口から離れた海域	6/6	1.1	0.064 ~ 4.1	6/6	0.52	0.010 ~ 2.6	2004
	河川下流・ 排出口付近海域	6/6	3.7	0.056 ~ 14	6/6	2.4	0.011 ~ 14	
下水道終末処理施設周辺	河川上流	3/3	30	0.37 ~ 54	3/3	0.73	0.070 ~ 1.5	2014
	河川下流	3/3	900	3.7 ~ 1,600	3/3	0.31	0.10 ~ 0.68	
下水道終末処理施設周辺	河川上流・ 排出口から離れた海域	6/6	300	2.8 ~ 1,500	6/6	2.8	0.14 ~ 9.0	2014
	河川下流・ 排出口付近海域	6/6	2,000	1.7 ~ 11,000	6/6	2	0.096 ~ 8.2	
難燃剤製造施設周辺 (2,4,6-TBP)	排出口から離れた海域	3/3	240	7.2 ~ 700	3/3	4.8	0.86 ~ 12	2005
	排出口付近海域	3/3	230	35 ~ 360	3/3	83	19 ~ 120	
難燃プラスチック製造施設周辺 (TBBPAエポキシ樹脂/発泡ポリスチレン)	河川上流・ 排出口から離れた海域	2/2	22	44・0.82	2/2	4.4	8.7・0.12	2008
	河川下流・ 排出口付近海域	2/2	130	220・36	2/2	62	82・42	
アルミニウム第二次精錬・精製製造施設	河川上流	2/2	2.6	0.24・5.0	2/2	0.56	0.020・1.1	2009
	河川下流	2/2	6.9	0.82・13	2/2	0.81	0.021・1.6	
セメント製造施設	河川上流	3/3	0.32	0.041 ~ 0.68	3/3	0.037	0.005 ~ 0.094	2010
	河川下流	2/2	0.38	0.07・0.68	2/2	0.042	0.006・0.077	
廃棄物焼却施設	排出口から離れた海域	1/1	0.014	0.014	0/1	ND	ND	2012
	排出口付近海域	1/1	1.9	1.9	1/1	1.5	1.5	

#### 4.6 公共用水域底質(HBCDs・TrBPhs)濃度

調査対象施設等 ※単位 実測濃度: ng/g-dry		HBCDs			TrBPhs <sup>(※)</sup>			調査年
		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
			平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
家電リサイクル施設周辺	河川上流	未測定			未測定			2002
	河川下流	未測定			未測定			
家電リサイクル施設周辺	河川上流	5/5	3.6	0.38 ~ 11	5/5	19	6.9 ~ 37	2011
	河川下流	5/5	7.2	0.38 ~ 11	5/5	28	10 ~ 72	
難燃プラスチック製造施設周辺	河川上流・ 排出口から離れた海域	未測定			未測定			2002
	河川下流・ 排出口付近海域	未測定			未測定			
難燃繊維加工施設周辺	河川上流	2/2	380	70・680	2/2	0.73	0.36・1.1	2003
	河川下流	2/2	370	76・660	2/2	0.57	0.040・1.1	
	排出口から離れた海域	1/1	110	110	1/1	0.15	0.15	
	排出口付近海域	1/1	1,100	1,100	1/1	0.21	0.21	
難燃繊維加工施設周辺	河川上流	1/1	140	140	1/1	0.23	0.23	2013
	河川下流	1/1	240	240	1/1	0.056	0.056	
難燃繊維加工施設周辺	河川上流	2/2	180	0.20・360	2/2	1.7	0.49・3.0	2015
	河川下流	2/2	1,500	0.38・2,900	2/2	1.7	0.78・2.7	
難燃プラスチック成形加工施設周辺	河川上流・ 排出口から離れた海域	6/6	6.0	0.070 ~ 21	6/6	1.0	0.19 ~ 4.6	2004
	河川下流・ 排出口付近海域	6/6	12	0.54 ~ 53	6/6	0.77	0.073 ~ 3.2	
下水道終末処理施設周辺	河川上流	3/3	4.3	0.49 ~ 6.7	3/3	1.3	0.38 ~ 2.1	2014
	河川下流	3/3	13	1.0 ~ 36	3/3	0.43	0.30 ~ 0.58	
下水道終末処理施設周辺	河川上流・ 排出口から離れた海域	6/6	14	1.3 ~ 62	4/6	5.9	ND ~ 21	2014
	河川下流・ 排出口付近海域	6/6	60	1.5 ~ 270	3/6	4.5	ND ~ 14	
難燃剤製造施設周辺 (2,4,6-TBP)	排出口から離れた海域	3/3	13	5.7 ~ 21	3/3	9.3	7.8 ~ 11	2005
	排出口付近海域	3/3	41	5.5 ~ 77	3/3	38	9.9 ~ 72	
難燃プラスチック製造施設周辺 (TBBPAエポキシ樹脂/発泡ポリスチレン)	河川上流・ 排出口から離れた海域	2/2	0.28	ND・0.56	2/2	12	23・0.71	2008
	河川下流・ 排出口付近海域	2/2	1,400	2.5・2,800	2/2	130	90・170	
アルミニウム第二次精錬・精製製造施設	河川上流	1/2	1.0	ND・2.0	2/2	0.15	0.038・0.26	2009
	河川下流	1/2	2.9	ND・5.8	2/2	0.16	0.040・0.28	
セメント製造施設	河川上流	0/3	ND	ND	3/3	0.096	0.093 ~ 0.10	2010
	河川下流	0/2	ND	ND	2/2	0.070	0.041・0.10	
廃棄物焼却施設	排出口から離れた海域	0/1	ND	ND	1/1	65	65	2012
	排出口付近海域	0/1	ND	ND	1/1	0.38	0.38	

(※)2014・2015年度は、PBPhs



## 参考資料

国内の主な難燃剤需要量推移（推定）  
及び世界の臭素生産量（推定）

## 国内の主な臭素系難燃剤の需要推移(推定) (単位:t/年)

化合物	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
テトラブロモビスフェノールA(TBBPA)	12,000	14,000	18,000	20,000	23,000	24,500	23,000	22,000	24,000	30,000	29,000	31,000	29,500	31,000	32,300	27,300	31,000	32,000	35,000	30,000	29,000	25,000	22,500	17,000	18,000	16,200	15,000	14,000	14,000	14,000	11,000	
デカブロモジフェニルエーテル(DeBDE)	3,000	4,000	5,000	6,000	10,000	9,800	6,300	5,800	5,500	4,900	4,200	4,450	4,000	3,800	2,800	2,500	2,200	2,200	2,000	1,800	1,700	1,700	1,600	1,300	1,100	990	990	900	800	700	500	
オクタブロモジフェニルエーテル(OBDE)	500	1,000	1,100	1,100	1,100	1,500	1,100	900	500	300	280	250	75	75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
テトラブロモジフェニルエーテル(TeBDE)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ヘキサブロモシクロデカン(HBCD)	600	600	700	700	700	1,000	1,400	1,600	1,600	1,800	2,000	2,000	1,850	1,950	2,000	2,200	2,400	2,400	2,600	2,600	2,600	3,000	3,000	2,300	2,800	2,800	2,600	1,500	0	0	0	
エチレンビス(テトラブロモフタルイミド)		400	600	600	1,000	1,200	1,300	1,300	2,500	2,500	2,500	2,500	2,000	2,000	2,000	1,750	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,300	1,000	1,000	1,000	900	900	900	900	900	
トリプロモフェノール	100	250	450	450	450	1,500	2,000	2,700	3,500	4,000	4,100	4,300	4,300	4,300	4,300	3,600	3,800	4,150	4,150	4,150	4,000	3,500	3,150	2,600	2,700	2,400	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	
ビス(トリプロモフェノキシエタン)	400	400	400	400	400	1,000	1,000	900	900	750	500	400	100	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
TBBPAポリカーボネートオリゴマー	—	—	—	—	—	2,500	2,500	2,500	2,500	2,750	3,000	3,000	3,000	2,800	2,900	1,800	2,500	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	2,500	2,500	2,500	2,500	2,000
プロモポリスチレン					1,300	1,300	1,300	1,300	1,500	1,600	2,000	2,000	3,500	3,300	2,500	2,800	3,000	5,100	6,000	7,500	7,500	7,000	5,000	7,000	7,000	6,000	6,000	6,000	6,500	4,000	4,000	
TBBPAエポキシオリゴマー	—	—	—	1,000	3,000	4,700	6,000	6,500	7,000	7,450	9,000	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500	9,000	12,000	12,000	12,000	10,000	9,000	6,000	7,000	6,200	5,400	5,000	5,000	5,000	4,000	
ビス(ペンタブロモフェニル)エタン	—	—	—	—	—	—	—	1,000	1,600	2,600	3,000	4,600	4,600	5,000	5,000	4,500	5,000	5,000	5,000	5,000	6,000	6,000	5,500	6,000	7,000	6,700	5,500	5,900	6,000	6,000	6,500	
TBBPA-ビス(ジプロモプロピルエーテル)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	700	1,750	1,750	2,000	1,000	1,350	1,200	1,000	900	800	800	700	490	490	490	1,000	1,500	1,500	1,500	1,200	
ポリジプロモフェニルエーテル	100	170	200	—	—	—	—	—	200	200	400	400	800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ヘキサブロモベンゼン	—	—	—	—	—	—	—	—	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
ペンタブロモベンジルポリアクリレート	—	160	160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,000	550	800	1,000	1,200	1,200	1,400	1,400	1,400	980	1,000	1,200	1,080	1,080	1,100	1,100	1,100	
臭素化芳香族トリアジン	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	800	1,000	1,100	900	1,000	1,000	1,800	2,000	2,000	2,500	2,250	1,500	1,000	1,200	1,200	1,200	1,200	
臭素化ブタジエン-スチレン共重合	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,000	1,500
その他	2,300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
合計	20,000	21,980	27,610	31,250	40,650	49,000	45,900	46,500	51,450	59,100	59,930	64,450	62,825	65,275	67,250	57,550	63,300	65,700	73,900	69,500	71,650	65,750	60,500	48,520	53,690	49,830	44,320	42,830	41,850	41,250	36,250	

(注) TBBPAは他のTBBPA系難燃剤(TBBPAポリカーボネートオリゴマー、TBBPAエポキシオリゴマー、TBBPA-ビス(ジプロモプロピルエーテル))の原料としても使用されるため、TBBPAの需要量には、TBBPA系難燃剤の原料分が含まれ、合計の需要量はその分ダブルカウントされている。  
出典:化学工業日報社調査資料より作成

### DeBDEの製造・輸入数量(単位:t/年)

年度	製造・輸入数量
2001	2323
2002	2986
2003	2330
2004	2480
2005	2250
2006	1954
2007	1965
2008	1816
2009	1398
2010	2000
2011	1000

出典:経済産業省 HP資料より作成

### HBCDの製造・輸入数量(単位:t/年)

年度	製造数量	輸入数量	用途別出荷数量				
			樹脂用	繊維用	その他	輸出	合計
2004	1006	2438	2661	562	0	181	3404
2005	2347	1849	2339	460	50	362	3211
2006	1188	2749	2900	596	52	172	3720
2007	1154	2053	2518	760	4	118	3400
2008	920	1924	2365	446	6	68	2885
2009	1018	1594	2171	399	0	7	2577
2010	936	2083	2830	285	1	0	3116
2011	555	2090	2508	133	0	0	2641
2012	0	2094	2097	0	0	0	2097

出典:経済産業省 HP資料より作成

国内の主な塩素系・リン系・無機系難燃剤の需要推移(推定) (単位:t/年)

化合物	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
塩素化パラフィン	4,000	4,000	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,300	4,300	4,300	4,300	4,300	4,300	4,300	4,300	4,300	4,300	4,300	4,300	4,300	4,300	4,300	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	3,500	
パークロシクロペンタデカン	300	400	400	400	400	600	600	600	600	600	660	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
テトラクロロ酸無水フタル酸	150	150	150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
クロレンド酸	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	390	300	300	300	300	300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
合計	4,750	4,850	5,350	5,200	5,200	5,400	5,400	5,200	5,200	5,200	5,260	5,200	5,290	5,200	5,200	5,200	5,200	5,200	4,900	4,900	4,900	4,900	4,900	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,100	
リン酸エステル系	4,000	4,000	4,200	4,400	4,400	4,400	4,400	4,400	4,400	4,000	4,400	4,600	22,000	22,000	22,000	20,000	20,000	20,000	24,000	24,000	24,000	25,000	20,000	19,000	20,000	20,000	20,000	20,000	19,000	19,000	
含ハロゲンリン酸エステル系	2,900	2,900	3,000	3,000	3,000	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100	3,300	3,100	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	
ポリリン酸塩系(アンモニウム)(APP)	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	3,000	3,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	1,500	1,000	1,000	
APP以外のイントメッセント系	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	500	200
赤リン系	225	225	250	250	250	310	310	310	310	310	400	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
ホスファエナントレン系	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	500	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	1,500	3,000	3,000	4,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	
ホスファゼン系	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
合計	8,625	8,625	8,950	9,150	9,150	9,310	9,310	9,310	10,810	10,410	9,100	9,200	28,000	28,500	28,500	26,500	26,500	26,500	30,500	30,500	30,500	33,500	28,500	27,500	28,500	29,500	29,000	29,000	28,500	27,700	
三酸化アンチモン	8,300	13,000	15,000	15,000	16,000	18,500	18,500	17,000	17,000	17,000	18,000	19,100	17,000	16,000	16,000	14,000	14,000	14,000	17,000	15,000	15,000	14,700	11,000	7,900	9,500	9,540	8,830	8,380	9,137	8,400	8,500
水酸化アルミニウム	48,000	30,000	33,000	35,000	37,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000 <sup>※</sup>
ホウ酸亜鉛	400	400	400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
窒素化グアニジン	4,000	4,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
五酸化アンチモン	数100	数100	数100	300	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	700	700	1,000	700	700	700	700	700
水酸化マグネシウム	2,000	2,000	2,200	2,400	2,400	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	5,000	7,000	8,000	14,000	14,000	14,000	14,000	12,500	10,000	10,000	10,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000
ジルコニウム系	200	200	140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
合計	62,900	49,600	55,740	57,700	61,400	69,500	69,500	68,000	68,000	68,000	70,000	71,100	69,000	68,000	68,000	67,000	69,000	70,000	79,000	77,000	77,000	76,700	71,500	65,600	67,200	67,540	67,530	67,080	67,837	67,100	67,200

(注)塩素化パラフィンは、可塑剤用も含む数量  
(注)リン酸エステル系は、可塑剤向け含まず  
(注)ポリリン酸アンモニウムは、非難燃剤を含む。  
※2016年度の推定需要量の記載がなかったため、前年度と同じ量を記載している。

出典:化学工業日報社調査資料より作成

## 世界の臭素生産量(推定)

(単位:t/年)

国名	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
中国	40,000	42,000	42,000	40,000	42,000	75,000	80,000	105,000	124,000	130,000	135,000	93,000	100,000	100,000	100,000	110,000	110,000	100,000	95,000
イスラエル	185,200	181,000	210,000	206,000	206,000	176,000	202,000	207,000	179,500	159,400	164,000	128,000	185,000	202,500	174,000	172,000	190,000	150,000	170,000
ヨルダン	—	—	—	—	8000	—	34000	66,000	94,500	85,000	85,000	69,000	85,000	150,000	200,000	80,000	100,000	100,000	100,000
日本	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	30,000	30,000	30,000	20,000
アゼルバイジャン	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	—	—
インド	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,700	2,100	2,100	1,700
ドイツ	600	500	500	500	500	500	500	500	430	1600	1000	990	1,500	1,900	1,500	1,500	1,500	1,500	—
ウクライナ	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	4,400	4,100	4,100	4,100	4,100	4,100	3,500	3,500	3,500
トルクメニスタン	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	500	500	500	500
スペイン	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	—	—	—	—	—
アメリカ	230,000	239,000	228,000	212,000	222,000	216,000	222,000	226,000	243,000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
フランス	1,950	1,950	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
イタリア	300	300	300	300	300	300	300	300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
合計	484,800	491,500	509,550	487,550	507,550	496,550	567,550	633,550	668,180	402,750	414,650	320,340	400,850	483,750	504,750	403,300	441,100	387,600	390,700

(出典) USGS「Mineral Commodity Summaries(鉱物商品概要)」