

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<br>（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<br>（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°リブ°ロモジ°ヘ°ンゾ°-ハ°ラ-ジ°オキシ/ジ°ヘ°ンゾ°フラン |
| PBDDs     | : | ホ°リブ°ロモジ°ヘ°ンゾ°-ハ°ラ-ジ°オキシ            |
| PBDFs     | : | ホ°リブ°ロモジ°ヘ°ンゾ°フラン                   |
| TeBDDs    | : | テトラブ°ロモジ°ヘ°ンゾ°-ハ°ラ-ジ°オキシ            |
| PeBDDs    | : | ヘ°ンタブ°ロモジ°ヘ°ンゾ°-ハ°ラ-ジ°オキシ           |
| HxBDDs    | : | ヘキサブ°ロモジ°ヘ°ンゾ°-ハ°ラ-ジ°オキシ            |
| HpBDDs    | : | ヘブ°タブ°ロモジ°ヘ°ンゾ°-ハ°ラ-ジ°オキシ           |
| OBDD      | : | オクタブ°ロモジ°ヘ°ンゾ°-ハ°ラ-ジ°オキシ            |
| TeBDFs    | : | テトラブ°ロモジ°ヘ°ンゾ°フラン                   |
| PeBDFs    | : | ヘ°ンタブ°ロモジ°ヘ°ンゾ°フラン                  |
| HxBDFs    | : | ヘキサブ°ロモジ°ヘ°ンゾ°フラン                   |
| HpBDFs    | : | ヘブ°タブ°ロモジ°ヘ°ンゾ°フラン                  |
| OBDF      | : | オクタブ°ロモジ°ヘ°ンゾ°フラン                   |
| PCDDs/DFs | : | ホ°リクロジ°ヘ°ンゾ°-ハ°ラ-ジ°オキシ/ジ°ヘ°ンゾ°フラン   |
| PBDEs     | : | ホ°リブ°ロモジ°フェニルエーテル                   |
| MoBDEs    | : | モノブ°ロモジ°フェニルエーテル                    |
| DiBDEs    | : | ジ°ブ°ロモジ°フェニルエーテル                    |
| TrBDEs    | : | トリブ°ロモジ°フェニルエーテル                    |
| TeBDEs    | : | テトラブ°ロモジ°フェニルエーテル                   |
| PeBDEs    | : | ヘ°ンタブ°ロモジ°フェニルエーテル                  |
| HxBDEs    | : | ヘキサブ°ロモジ°フェニルエーテル                   |
| HpBDEs    | : | ヘブ°タブ°ロモジ°フェニルエーテル                  |
| OBDEs     | : | オクタブ°ロモジ°フェニルエーテル                   |
| NoBDEs    | : | ノナブ°ロモジ°フェニルエーテル                    |
| DeBDE     | : | デ°カブ°ロモジ°フェニルエーテル                   |
| TBBPA     | : | テトラブ°ロモヒ°スフェノール A                   |
| PBPhs     | : | ホ°リブ°ロモフェノール                        |
| MoBPhs    | : | モノブ°ロモフェノール                         |
| DiBPhs    | : | ジ°ブ°ロモフェノール                         |
| TrBPhs    | : | トリロモフェノール                           |
| TeBPhs    | : | テトラブ°ロモフェノール                        |
| PeBPh     | : | テトラ°ブ°ロモフェノール                       |
| HBCDs     | : | ヘキサブ°ロモシクロト°テ°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. 排水

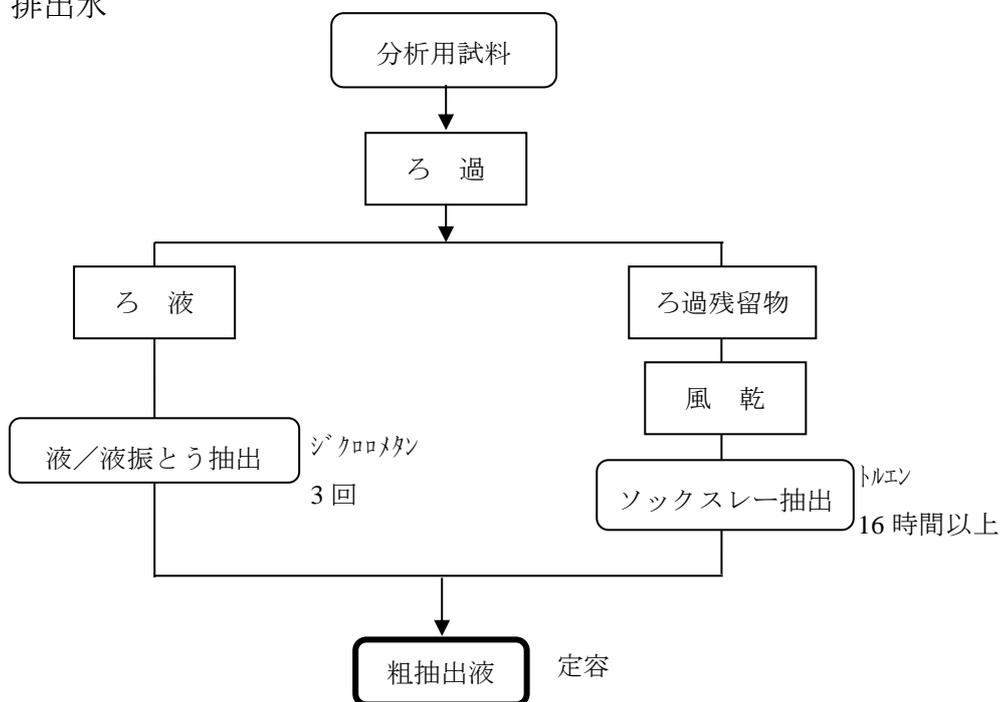


図1 排水抽出分析フロー

### b. 汚泥

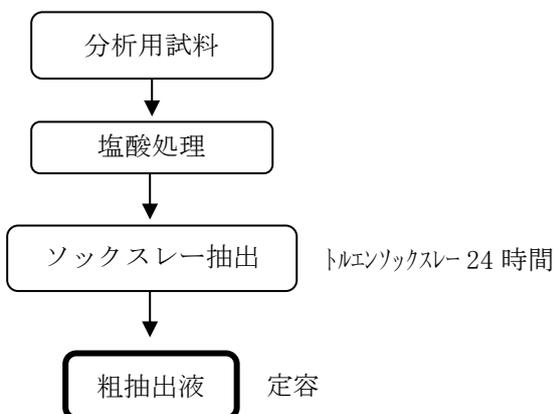


図2 汚泥抽出分析フロー

c. 各媒体共通分析フロー

① PBDD/Fs

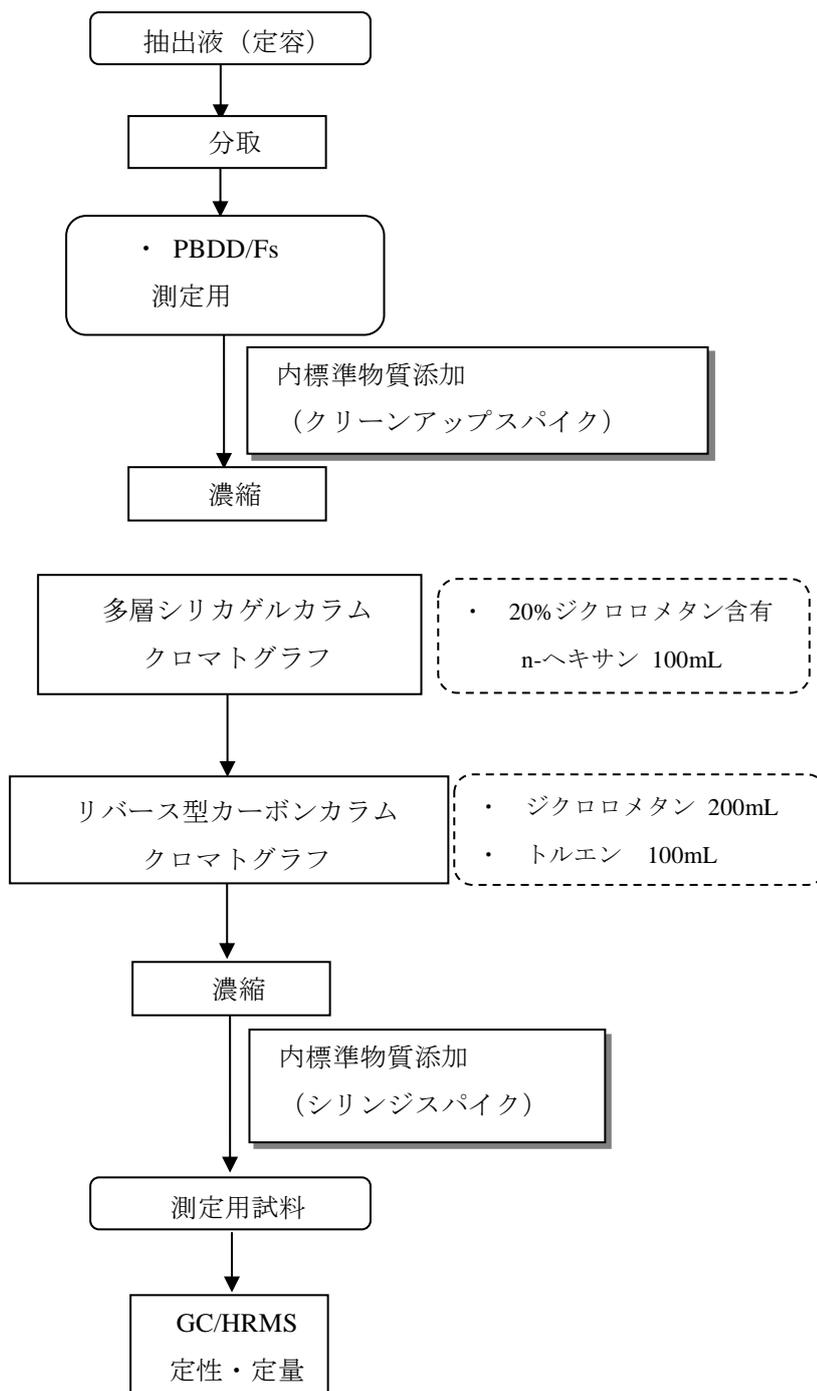


図 3 各媒体共通分析フロー(1)

② PBDEs、TBBPA、PBPhs、HBCDs、DBDPE

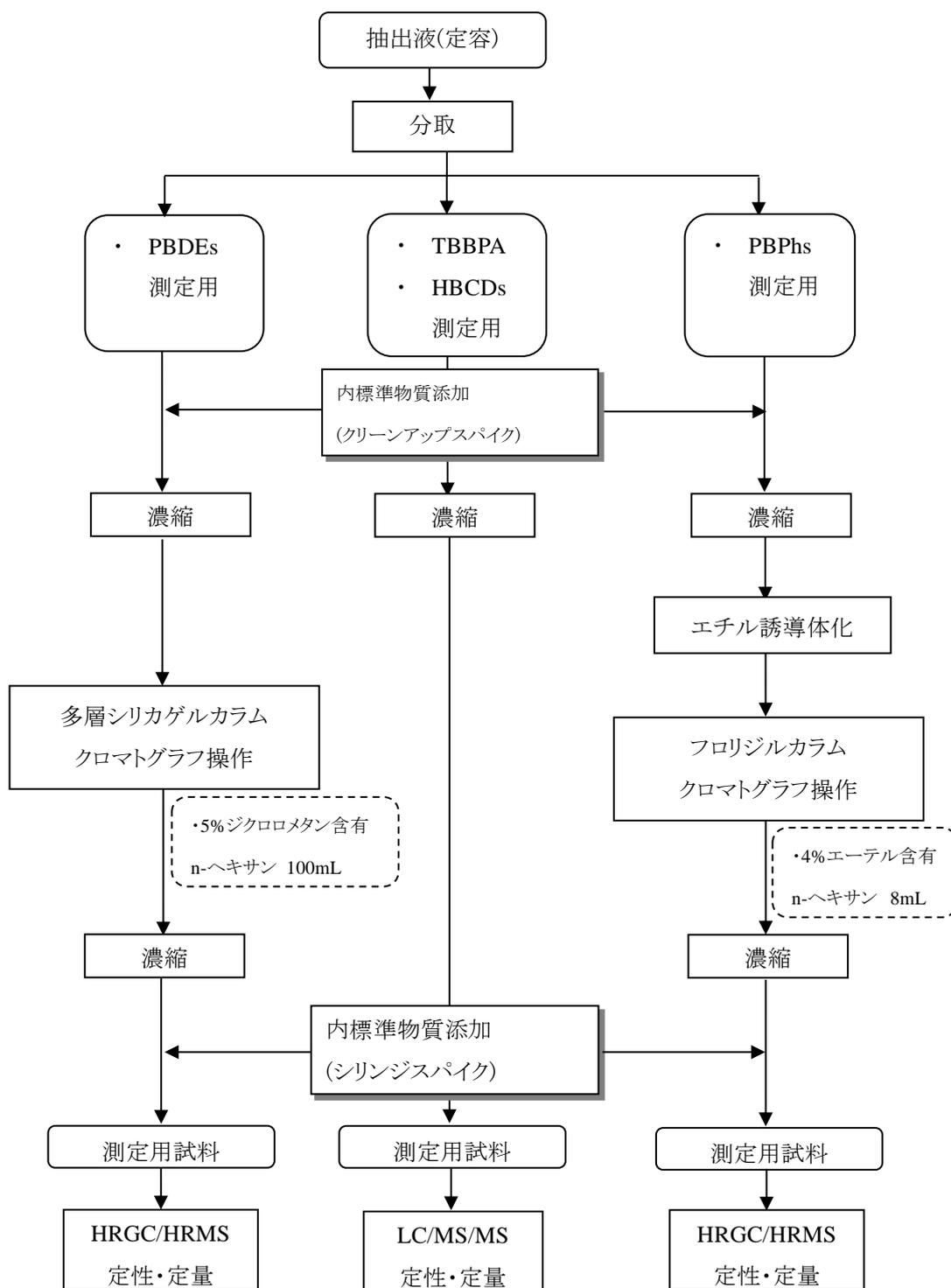


図4 各媒体共通分析フロー(2)

#### 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<br>出口 | 沈殿槽<br>出口 | 中和槽<br>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<br>出口 | 沈殿槽<br>出口 | 中和槽<br>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<br>出口 | 沈殿槽<br>出口 | 中和槽<br>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)。

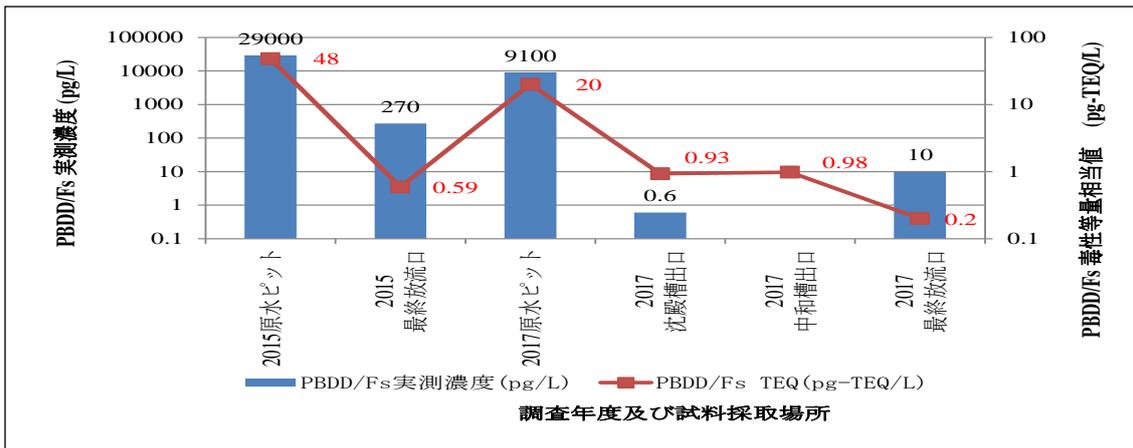


図 5 2015 年度の分析結果と 2017 年度調査の分析結果 (PBDD/Fs)

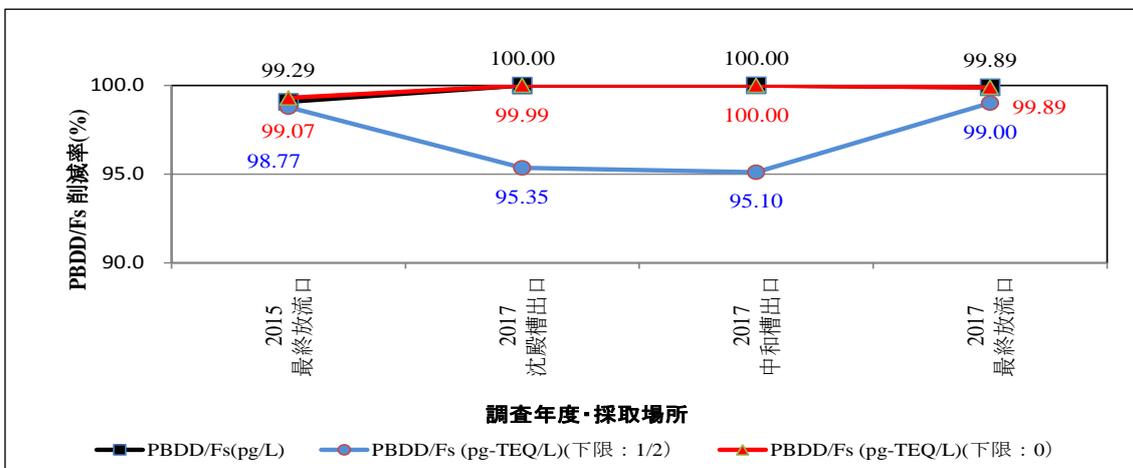


図 6 排水工程における PBDD/Fs 削減率 (%)

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。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)。

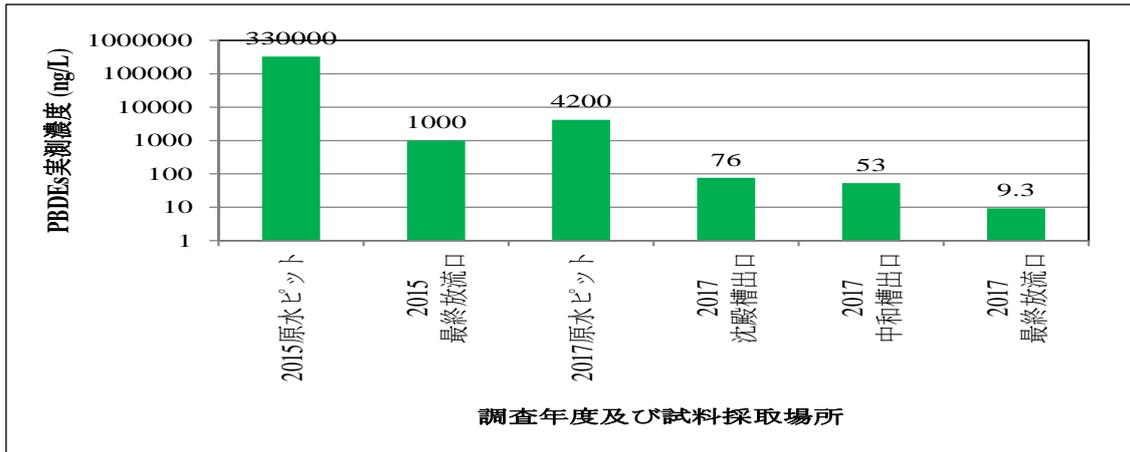


図7 2015年度の分析結果と2017年度調査の分析結果(PBDEs)

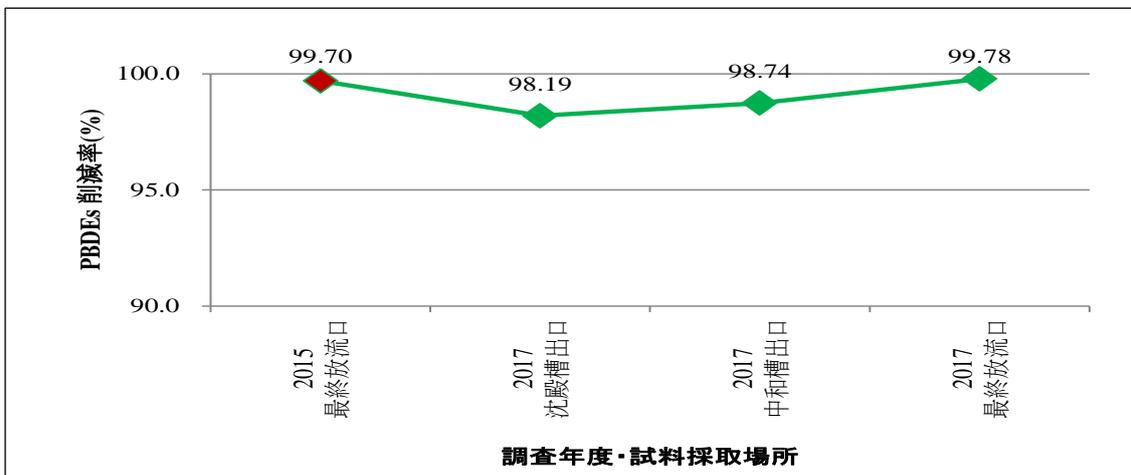


図8 排水工程におけるPBDEs削減率(%)

#### 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。

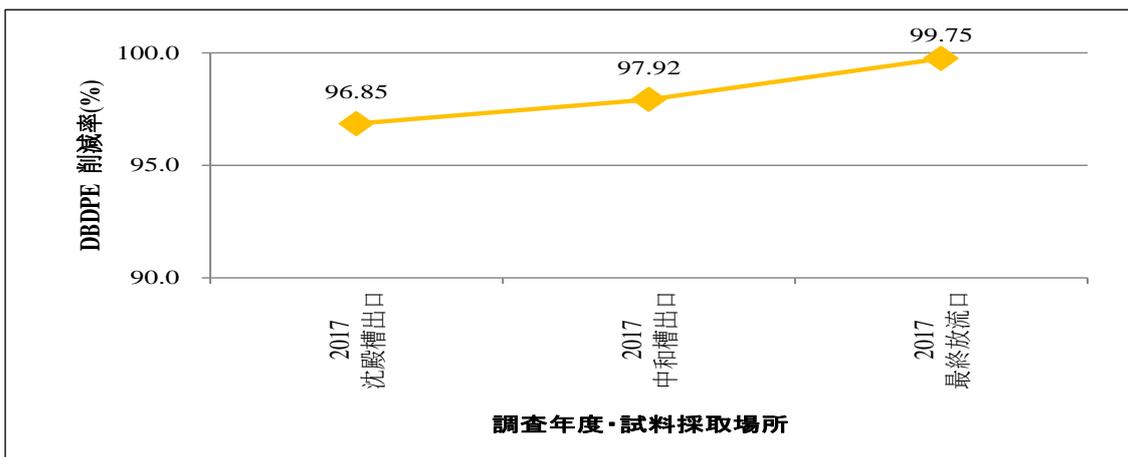


図 9 排水工程における DBDPE 削減率 (%)

### (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 ヶ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排水水

表-1 排水水中の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 排出水中の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 排出水中の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<br>汚泥 | 乾燥後<br>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<br>汚泥 | 乾燥後<br>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<br>汚泥 | 乾燥後<br>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<br>汚泥 | 乾燥後<br>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

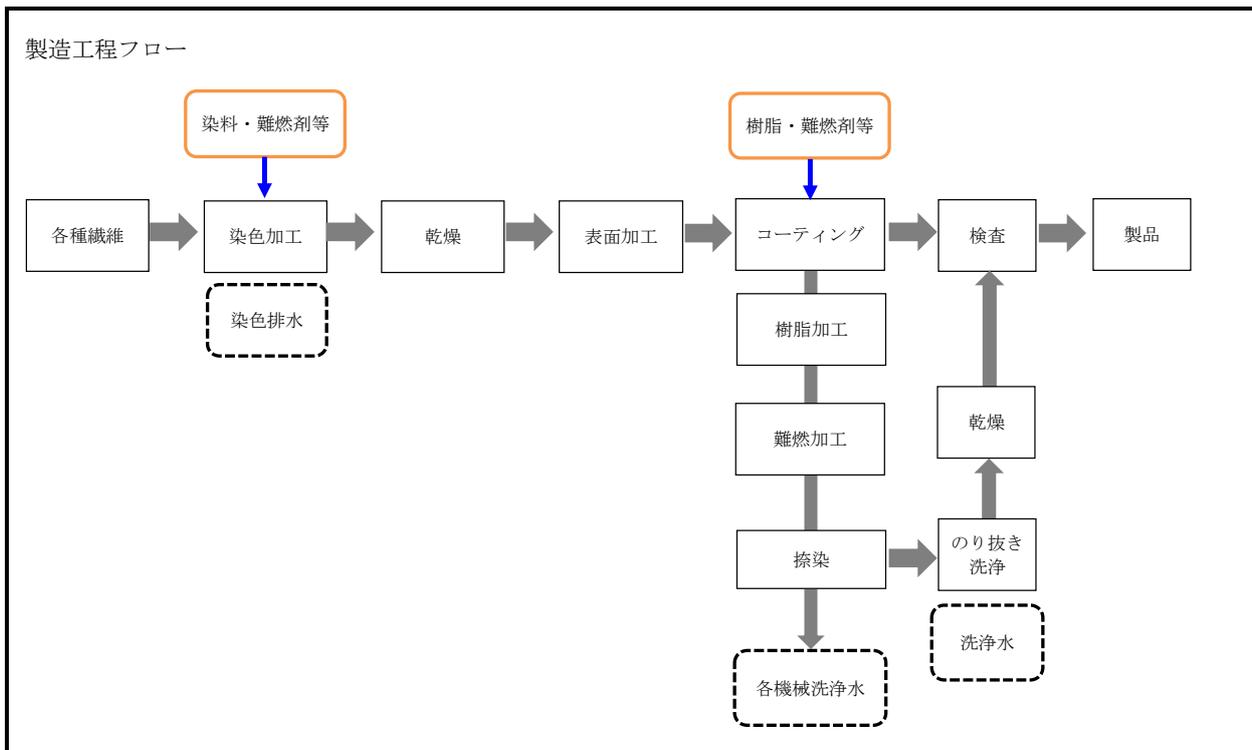


図-1 製造工程フロー

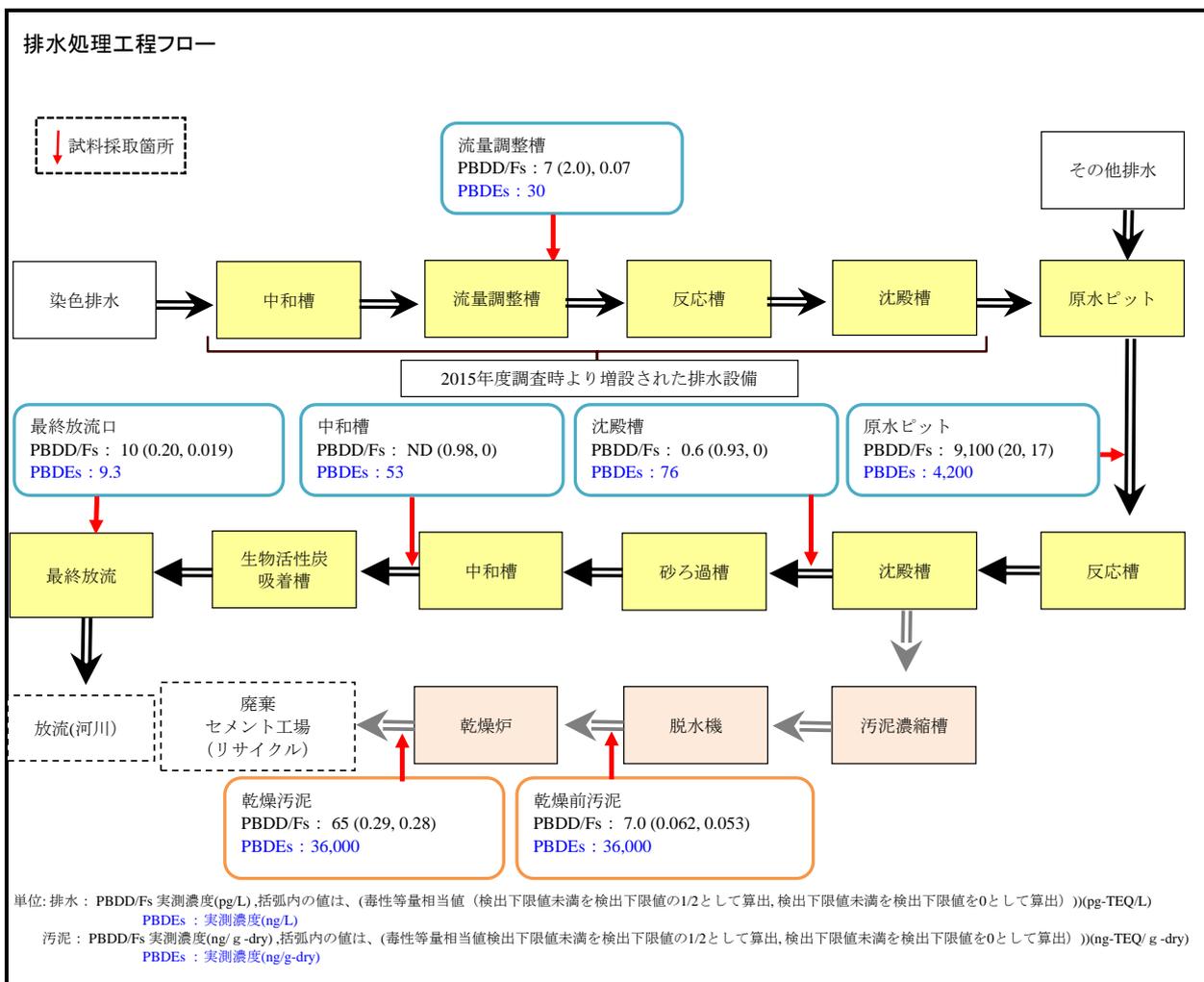


図-2 排水処理工程フロー

## 別 図 - 2

### 媒体別同族体組成

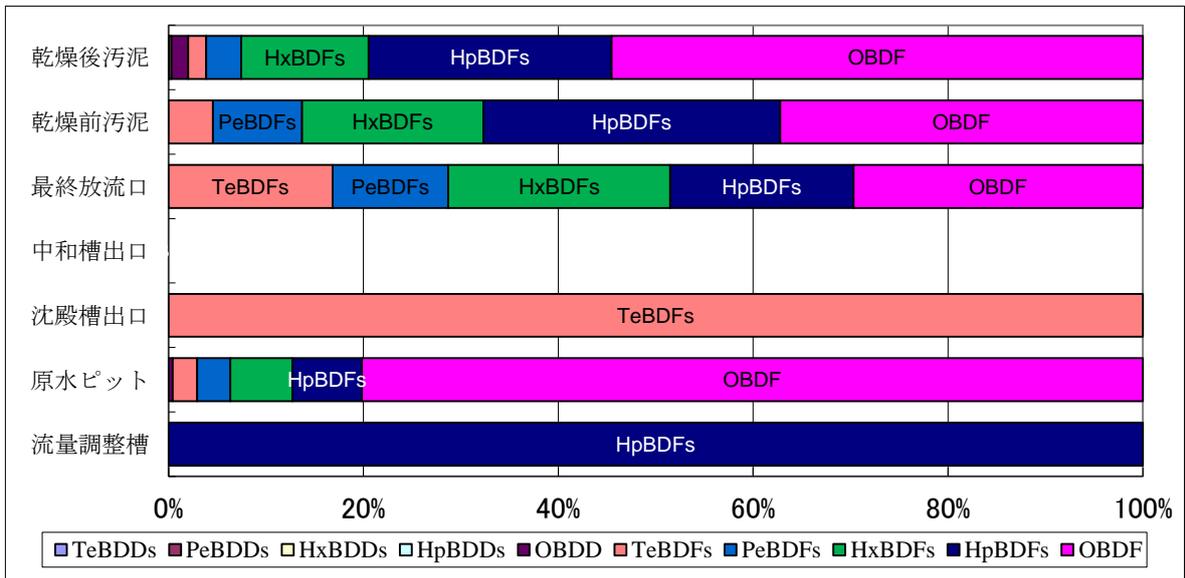


図-1 排水及び汚泥 PBDDs/DFs同族体組成 (%)

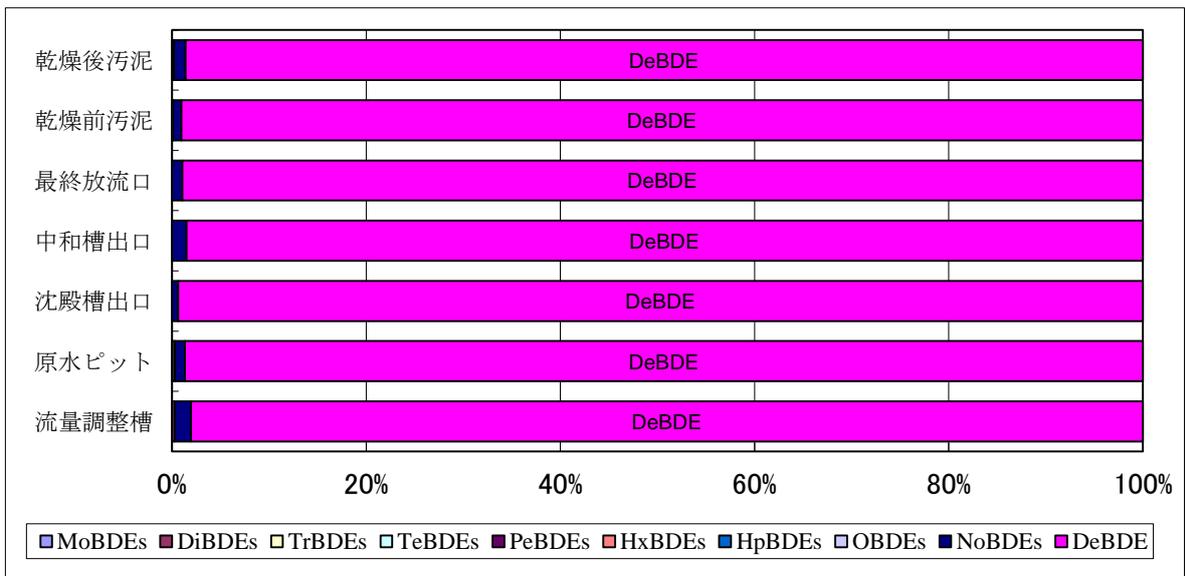


図-2 排水及び汚泥 PBDEs同族体組成 (%)

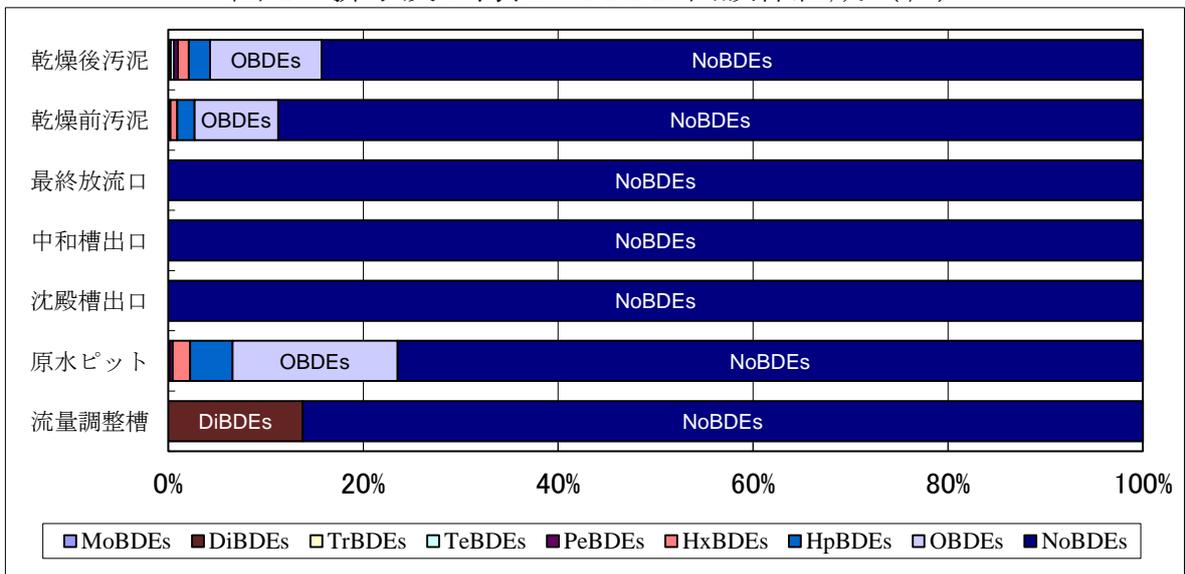


図-3 排水及び汚泥 PBDEs同族体組成 (DeBDE除く) (%)

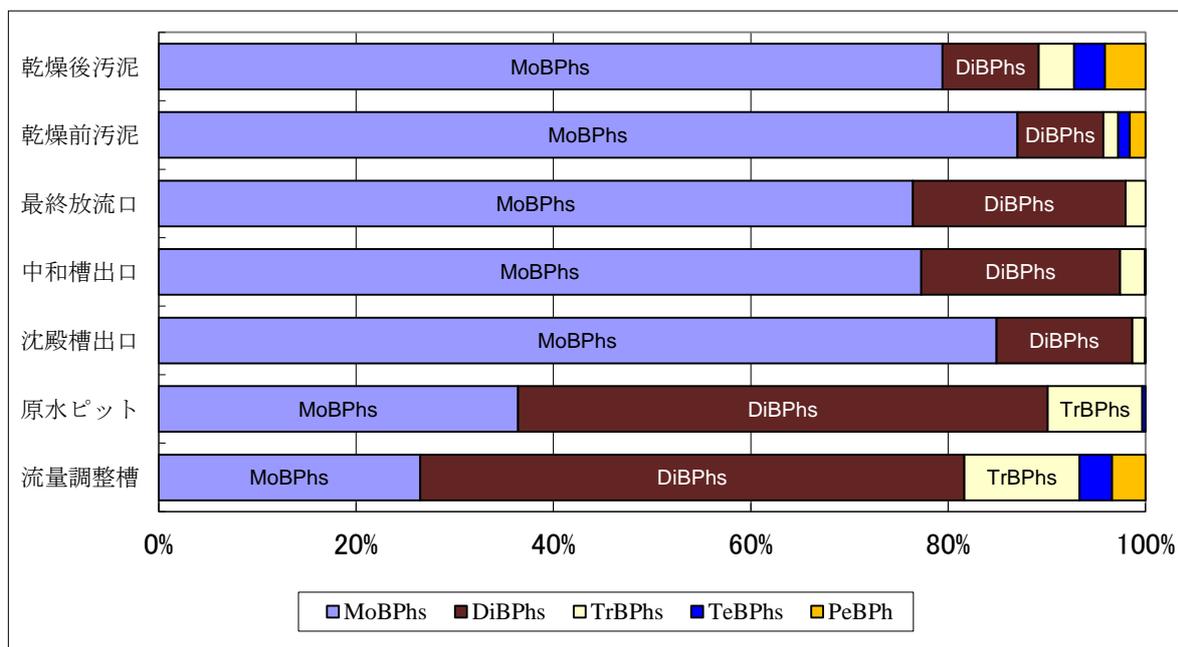


図-4 排水及び汚泥 PBPhs同族体組成 (%)

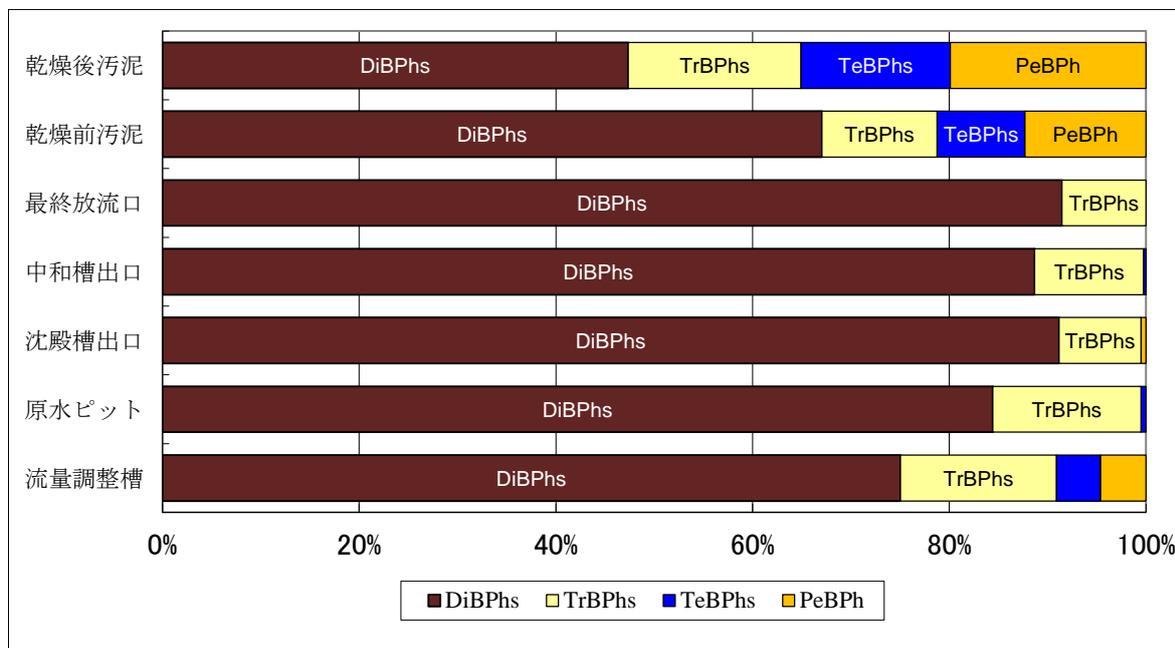


図-5 排水及び汚泥 PBPhs同族体組成 (MoBPhs除く) (%)



## 別 図 - 3

### 媒体別異性体組成

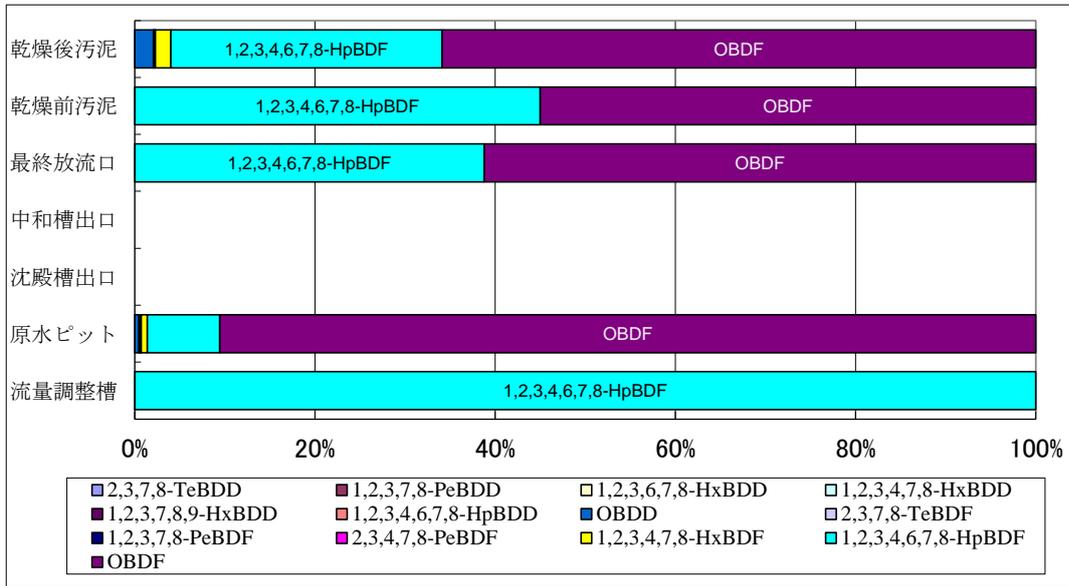


図-1 排水及び汚泥 PBDDs/DFs異性体組成 (%)

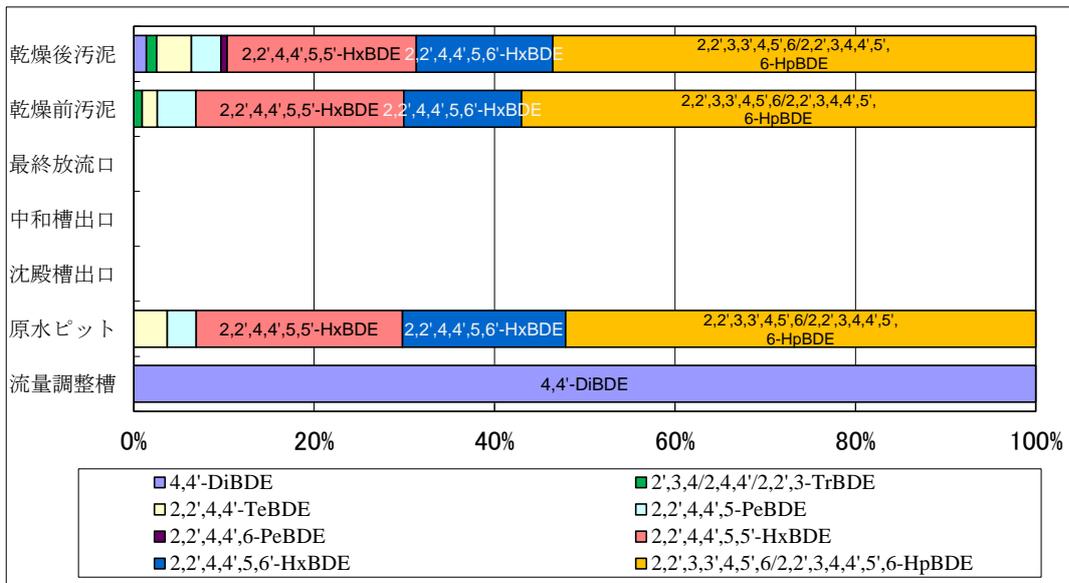


図-2 排水及び汚泥 PBDEs異性体組成 (DeBDE除く) (%)

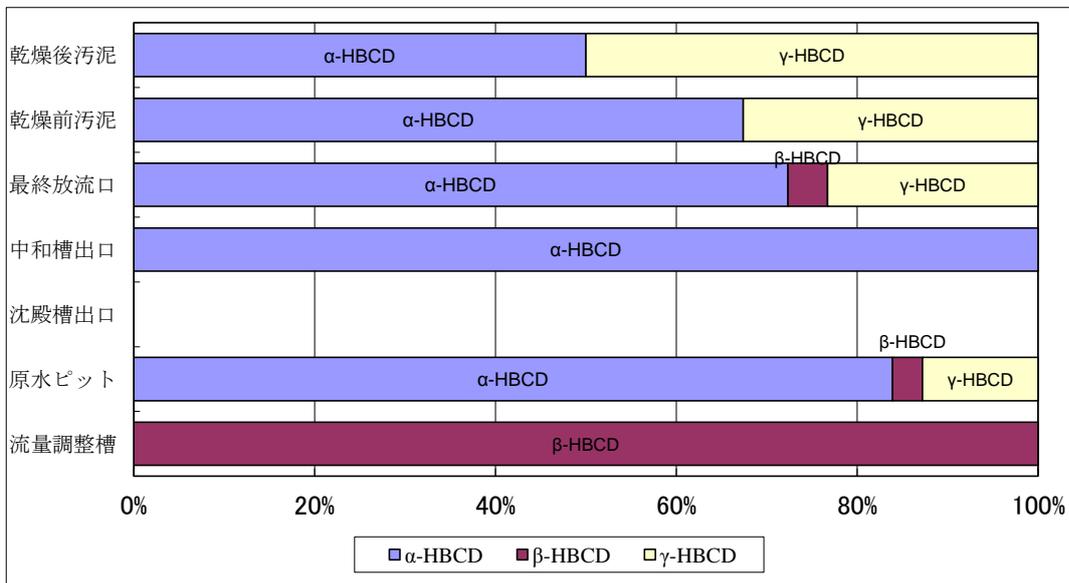


図-3 排水及び汚泥 HBCDs異性体組成 (%)

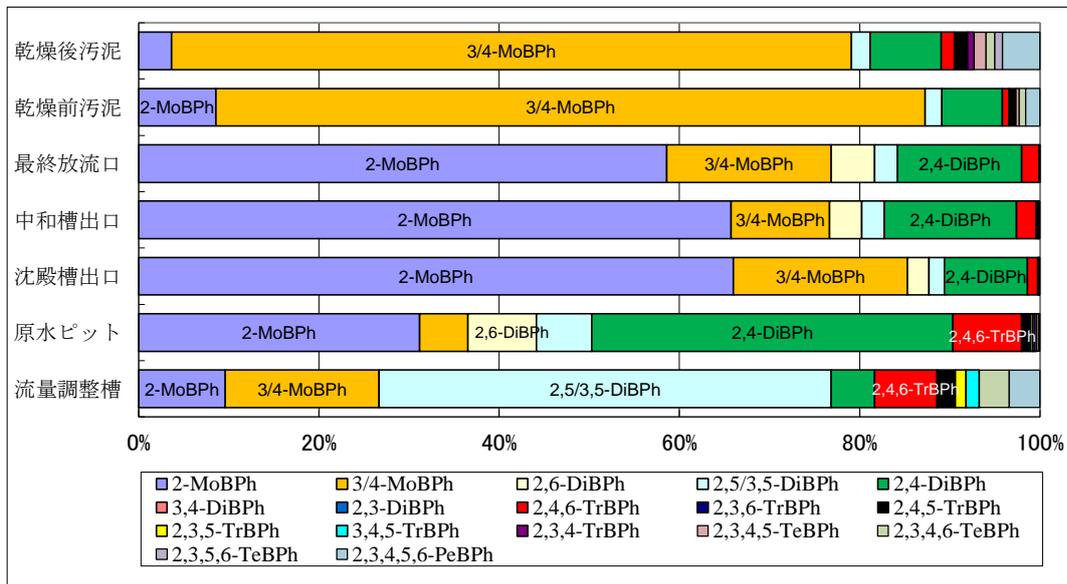


図-4 排水及び汚泥 PBPhs異性体組成 (%)

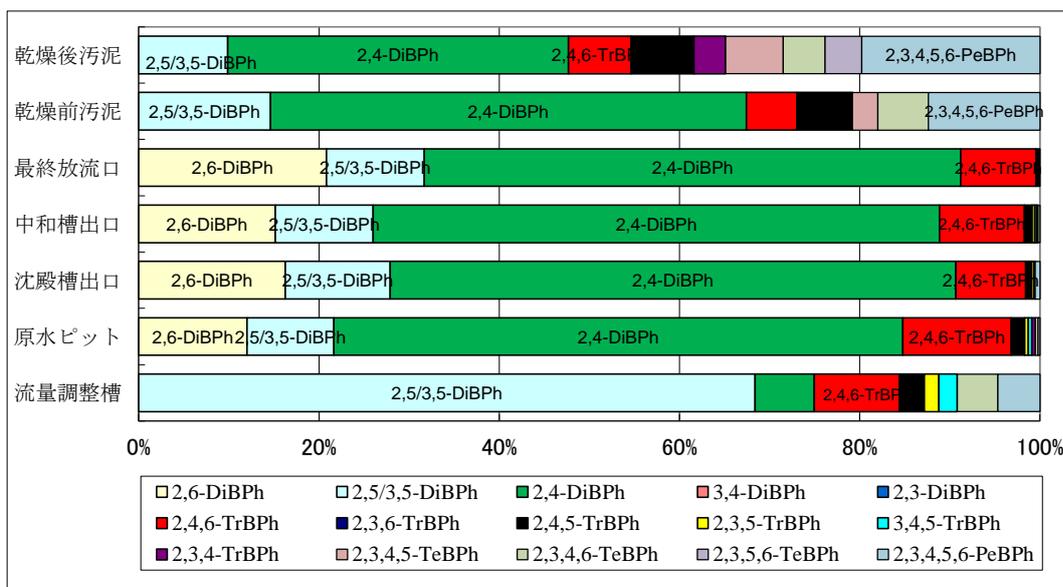


図-5 排水及び汚泥 PBPhs異性体組成 (2-MoBPh・3/4MoBPh除く)



## 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<br>(検出数/調査数) | 実測濃度  |               | 毒性等量相当値        |                 | 検出頻度<br>(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<br>(TBBPA/TBBPAポ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<br>(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<br>(検出数/調査数) | 実測濃度      |                  | 毒性等量相当値 |               | 検出頻度<br>(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/<br>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<br>(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<br>※単位 実測濃度: pg/m <sup>3</sup><br>毒性等量相当値: pg-TEQ/m <sup>3</sup> | PBDD/Fs           |        |               |         |               | MoBPCDD/Fs        |      |          | 調査年  |
|--|-------------------|--------|---------------|---------|---------------|-------------------|------|----------|------|
|  | 検出頻度<br>(検出数/調査数) | 実測濃度   |               | 毒性等量相当値 |               | 検出頻度<br>(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<br>(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<br>※単位 実測濃度: pg/m <sup>3</sup><br>毒性等量相当値: pg-TEQ/m <sup>3</sup> | PBDD/Fs           |      |             |         |                   | MoBPCDD/Fs        |        |              | 調査年  |
|--|-------------------|------|-------------|---------|-------------------|-------------------|--------|--------------|------|
|  | 検出頻度<br>(検出数/調査数) | 実測濃度 |             | 毒性等量相当値 |                   | 検出頻度<br>(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/<br>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<br>(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<br>※単位 実測濃度:pg/m <sup>2</sup> /day<br>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<br>(検出数/調査数) | 実測濃度   |                 | 毒性等量相当値 |            | 検出頻度<br>(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<br>(TBBPA/TBBPAポ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<br>(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                                     |                     | PBDD/Fs           |       |             |         |               | MoBPCDD/Fs        |      |           | 調査年  |
|---|---------------------|-------------------|-------|-------------|---------|---------------|-------------------|------|-----------|------|
|   |                     | 検出頻度<br>(検出数/調査数) | 実測濃度  |             | 毒性等量相当値 |               | 検出頻度<br>(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・<br>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・<br>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<br>(TBBPA/<br>TBBPAホ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・<br>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・<br>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・<br>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・<br>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・<br>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・<br>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<br>(TBBPAエポキシ樹脂/発泡ポリスチレン)    | 河川上流・<br>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・<br>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・<br>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・<br>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<br>(検出数/調査数) | 実測濃度   |            | 毒性等量相当値 |             | 検出頻度<br>(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・<br>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・<br>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<br>(TBBPA/<br>TBBPAホ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   | 2003 |
|  | 河川下流                | 2/2               | 1,000  | 28・2,000   | 5.1     | 0.11・10     | 2/2               | 7.5   | ND・15    |      |
|  | 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・<br>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・<br>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  | 2004 |
|  | 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・<br>排出口から離れた海域 | 6/6               | 91     | 13～260     | 0.35    | 0.036～1.0   | 未測定               |       |          | 2014 |
|  | 河川下流・<br>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<br>(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<br>(DeBDE)                         | 河川上流・<br>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・<br>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<br>(TBBPAエポキシ樹脂/<br>発泡ポリスチレン) | 河川上流・<br>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・<br>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・<br>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<br>※単位 実測濃度: ng/m <sup>3</sup> N |        | PBDEs             |         |                | TBBPA             |         |               | 調査年  |
|--|--------|-------------------|---------|----------------|-------------------|---------|---------------|------|
|  |        | 検出頻度<br>(検出数/調査数) | 実測濃度    |                | 検出頻度<br>(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<br>(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<br>※単位 実測濃度: ng/m <sup>3</sup> N |        | HBCDs             |         |                | TrBPhs <sup>(※)</sup> |            |                     | 調査年  |
|--|--------|-------------------|---------|----------------|-----------------------|------------|---------------------|------|
|  |        | 検出頻度<br>(検出数/調査数) | 実測濃度    |                | 検出頻度<br>(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<br>(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<br>※単位 実測濃度: ng/L              |          | PBDEs             |           |                     | TBBPA             |           |               | 調査年  |
|--|----------|-------------------|-----------|---------------------|-------------------|-----------|---------------|------|
|  |          | 検出頻度<br>(検出数/調査数) | 実測濃度      |                     | 検出頻度<br>(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<br>(TBBPAエポキシ樹脂/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<br>※単位 実測濃度: ng/L              |          | HBCDs             |             |                         | TrBPhs <sup>(※)</sup> |            |                  | 調査年  |
|--|----------|-------------------|-------------|-------------------------|-----------------------|------------|------------------|------|
|  |          | 検出頻度<br>(検出数/調査数) | 実測濃度        |                         | 検出頻度<br>(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<br>(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<br>※単位 実測濃度: ng/m <sup>3</sup> | PBDEs             |       |               | TBBPA             |      |             | 調査年  |
|--|-------------------|-------|---------------|-------------------|------|-------------|------|
|  | 検出頻度<br>(検出数/調査数) | 実測濃度  |               | 検出頻度<br>(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<br>(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<br>※単位 実測濃度: ng/m <sup>3</sup> | HBCDs             |       |             | TrBPhs            |      |              | 調査年  |
|--|-------------------|-------|-------------|-------------------|------|--------------|------|
|  | 検出頻度<br>(検出数/調査数) | 実測濃度  |             | 検出頻度<br>(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<br>(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                                  | PBDEs             |       |             | TBBPA             |       |              | 調査年  |
|--|-------------------|-------|-------------|-------------------|-------|--------------|------|
|  | 検出頻度<br>(検出数/調査数) | 実測濃度  |             | 検出頻度<br>(検出数/調査数) | 実測濃度  |              |      |
|  |                   | 平均値   | 濃度範囲        |                   | 平均値   | 濃度範囲         |      |
| ※単位 実測濃度: ng/m <sup>3</sup>              |                   |       |             |                   |       |              |      |
| 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<br>(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                                  | HBCDs             |       |             | TrBPhs(※)         |       |              | 調査年  |
|--|-------------------|-------|-------------|-------------------|-------|--------------|------|
|  | 検出頻度<br>(検出数/調査数) | 実測濃度  |             | 検出頻度<br>(検出数/調査数) | 実測濃度  |              |      |
|  |                   | 平均値   | 濃度範囲        |                   | 平均値   | 濃度範囲         |      |
| ※単位 実測濃度: ng/m <sup>3</sup>              |                   |       |             |                   |       |              |      |
| 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<br>(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<br>※単位 実測濃度: ng/m <sup>2</sup> /day | PBDEs             |       |              | TBBPA             |        |                | 調査年  |
|---|-------------------|-------|--------------|-------------------|--------|----------------|------|
|   | 検出頻度<br>(検出数/調査数) | 実測濃度  |              | 検出頻度<br>(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<br>(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<br>※単位 実測濃度: ng/m <sup>2</sup> /day | HBCDs             |       |               | TrBPhs            |        |             | 調査年  |
|---|-------------------|-------|---------------|-------------------|--------|-------------|------|
|   | 検出頻度<br>(検出数/調査数) | 実測濃度  |               | 検出頻度<br>(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<br>(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<br>※単位 実測濃度: ng/L                |                     | PBDEs             |         |                | TBBPA             |       |               | 調査年  |
|--|---------------------|-------------------|---------|----------------|-------------------|-------|---------------|------|
|  |                     | 検出頻度<br>(検出数/調査数) | 実測濃度    |                | 検出頻度<br>(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<br>製造施設周辺                       | 河川上流・<br>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・<br>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<br>成形加工施設周辺                     | 河川上流・<br>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・<br>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・<br>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・<br>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<br>(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<br>(TBBPAエポキシ樹脂/発泡ポリスチレン) | 河川上流・<br>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・<br>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                                  |                     | HBCDs             |         |               | TrBPhs <sup>(※)</sup> |       |             | 調査年  |
|--|---------------------|-------------------|---------|---------------|-----------------------|-------|-------------|------|
|  |                     | 検出頻度<br>(検出数/調査数) | 実測濃度    |               | 検出頻度<br>(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・<br>排出口から離れた海域 |                   | 未測定     |               | 未測定                   |       |             | 2002 |
|  | 河川下流・<br>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・<br>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・<br>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・<br>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・<br>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<br>(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<br>(TBBPAエポキシ樹脂/発泡ポリスチレン) | 河川上流・<br>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・<br>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<br>※単位 実測濃度: ng/g-dry            |                     | PBDEs             |        |              | TBBPA             |       |               | 調査年  |
|--|---------------------|-------------------|--------|--------------|-------------------|-------|---------------|------|
|  |                     | 検出頻度<br>(検出数/調査数) | 実測濃度   |              | 検出頻度<br>(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<br>製造施設周辺                       | 河川上流・<br>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・<br>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<br>成形加工施設周辺                     | 河川上流・<br>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・<br>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・<br>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・<br>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<br>(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<br>(TBBPAエポキシ樹脂/発泡ポリスチレン) | 河川上流・<br>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・<br>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<br>※単位 実測濃度: ng/g-dry            |                     | HBCDs             |       |            | TrBPhs <sup>(※)</sup> |       |              | 調査年  |
|--|---------------------|-------------------|-------|------------|-----------------------|-------|--------------|------|
|  |                     | 検出頻度<br>(検出数/調査数) | 実測濃度  |            | 検出頻度<br>(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・<br>排出口から離れた海域 | 未測定               |       |            | 未測定                   |       |              | 2002 |
|  | 河川下流・<br>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・<br>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・<br>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・<br>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・<br>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<br>(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<br>(TBBPAエポキシ樹脂/発泡ポリスチレン) | 河川上流・<br>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・<br>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    |        |
| トリブロモフェノール             | 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  |        |
| ビス(トリブ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  | 2,000  |
| 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  | 4,000  | 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  | 6,500  | 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    |
| 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  |                     |
| 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    |                     |
| 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 |                     |
| 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)」