

**令和元年度
臭素系ダイオキシン類排出実態等調査
結果報告書**

**令和 2 年 3 月
環境省 水・大気環境局
総務課 ダイオキシン対策室**

目次

1. 調査目的.....	1
2. 調査概要.....	1
2.1 調査対象施設.....	1
2.2 調査媒体.....	2
2.3 分析項目.....	2
3. 試料概要.....	3
3.1 採取試料一覧.....	3
3.2 試料採取状況.....	4
4. 分析方法.....	5
4.1 分析方法.....	5
4.2 試料採取概要.....	5
4.3 分析フロー.....	6
4.4 測定条件.....	11
4.5 検出下限値.....	18
5. 調査結果（総括表）.....	22
6. まとめ及び考察.....	29
6.1 下水道終末処理場（A 施設）.....	29
6.2 製鋼用電気炉（B 施設）.....	39
別表-1 調査結果（個別結果）.....	45
別図-1 調査施設概要 （製造工程フロー、排ガス・排水処理フロー・試料採取箇所）.....	58
別図-2 媒体別同族体組成.....	61
別図-3 媒体別異性体組成.....	64
参考資料 国内の難燃剤需要推移（推定）.....	67

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。

PBDD/Fs	: ホリブ ^o ロモジ ^o ベンゾ ^o -パラ ^o -ジ ^o オキシ ^o ン/ジ ^o ベンゾ ^o フラン
PBDDs	: ホリブ ^o ロモジ ^o ベンゾ ^o -パラ ^o -ジ ^o オキシ ^o ン
PBDFs	: ホリブ ^o ロモジ ^o ベンゾ ^o フラン
TeBDDs	: テトラブ ^o ロモジ ^o ベンゾ ^o -パラ ^o -ジ ^o オキシ ^o ン
PeBDDs	: ヘンタブ ^o ロモジ ^o ベンゾ ^o -パラ ^o -ジ ^o オキシ ^o ン
HxBDDs	: ヘキサブ ^o ロモジ ^o ベンゾ ^o -パラ ^o -ジ ^o オキシ ^o ン
HpBDDs	: ヘプタブ ^o ロモジ ^o ベンゾ ^o -パラ ^o -ジ ^o オキシ ^o ン
OBDD	: オクタブ ^o ロモジ ^o ベンゾ ^o -パラ ^o -ジ ^o オキシ ^o ン
TeBDFs	: テトラブ ^o ロモジ ^o ベンゾ ^o フラン
PeBDFs	: ヘンタブ ^o ロモジ ^o ベンゾ ^o フラン
HxBDFs	: ヘキサブ ^o ロモジ ^o ベンゾ ^o フラン
HpBDFs	: ヘプタブ ^o ロモジ ^o ベンゾ ^o フラン
OBDF	: オクタブ ^o ロモジ ^o ベンゾ ^o フラン
PCDD/Fs	: ホリクロロジ ^o ベンゾ ^o -パラ ^o -ジ ^o オキシ ^o ン/ジ ^o ベンゾ ^o フラン
Co-PCB	: コプラナーホリクロロビフェニル
PBDEs	: ホリブ ^o ロモジ ^o フェニルエーテル
MoBDEs	: モノブ ^o ロモジ ^o フェニルエーテル
DiBDEs	: ジブ ^o ロモジ ^o フェニルエーテル
TrBDEs	: トリブ ^o ロモジ ^o フェニルエーテル
TeBDEs	: テトラブ ^o ロモジ ^o フェニルエーテル
PeBDEs	: ヘンタブ ^o ロモジ ^o フェニルエーテル
HxBDEs	: ヘキサブ ^o ロモジ ^o フェニルエーテル
HpBDEs	: ヘプタブ ^o ロモジ ^o フェニルエーテル
OBDEs	: オクタブ ^o ロモジ ^o フェニルエーテル
NoBDEs	: ノナブ ^o ロモジ ^o フェニルエーテル
DeBDE	: デカブ ^o ロモジ ^o フェニルエーテル
TBBPA	: テトラブ ^o ロモビスフェノール A
PBPhs	: ホリブ ^o ロモフェノール
MoBPhs	: モノブ ^o ロモフェノール
DiBPhs	: ジブ ^o ロモフェノール
TrBPhs	: トリブ ^o ロモフェノール
TeBPhs	: テトラブ ^o ロモフェノール
PePh	: ヘンタブ ^o ロモフェノール
HBCDs	: ヘキサブ ^o ロモシクロ ^o デカン
TEQ	: 毒性等量(または毒性当量)
TEF	: 毒性等価係数
GC/HRMS	: 高分解能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

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

臭素系ダイオキシン類の暫定排出インベントリーによると、水系への臭素系ダイオキシン類の排出量が多い施設として、下水道終末処理場があげられる。国内では2018年4月から、化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（以下、化審法という）により、DeBDEは使用製造禁止となってから約1年半が経過した。

今年度は、化審法によるDeBDE規制効果を確認するために、水系への排出では過去DeBDEを使用していた難燃繊維加工施設の未処理排水が流入する下水終末処理場1施設の排出実態調査を実施した。大気系への排出では、未測定業種の中で臭素系ダイオキシン類の排出の可能性がある製鋼用電気炉1施設の排出実態調査を実施した。

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物質等についても調査を行った。

2.1 調査対象施設

表 2-1 対象施設概要

	下水道終末処理場	製鋼用電気炉
施設名	A 施設	B 施設
施設概要	排除方式は分流一部合流式で、年間流入量(m ³ /年)は約1,000万m ³ の処理規模で、標準活性汚泥法により排水処理している	鉄クラップと産廃を70トンAC電気炉で溶解し、粗鋼を生産し、棒鋼や型钢等の普通鋼を生産している
排ガス処理フロー	汚泥焼却炉 サイクロン→電気集塵機→排煙処理塔→煙突	電気炉→緩衝塔→沈降塔→消石灰吹込→活性炭吹込→直引集塵機(バグフィルタ)→排ガス洗浄(活性炭水、苛性ソーダ水)→煙突 建屋集塵困込フード→建屋集塵機→排気ダクト
排水処理フロー	標準活性汚泥法 沈砂池→最初沈砂池→反応タンク→最終沈砂池→消毒→放流槽	事業所内に排水処理施設はあり
過年度調査	平成16年度(2004年度)B-3施設 平成26年度(2014年度)D施設	なし
備考	過去DeBDEを使用した下水道終末処理場の未処理排水が流入	

2.2 調査媒体

(1) 下水道終末処理場(A 施設)

- ・ 排水水(流入水、放流水)、脱水汚泥

(2) 製鋼用電気炉(B 施設)

- ・ 排出ガス(直引集塵機出口、建屋集塵機出口)、ばいじん(直引集塵機)

2.3 分析項目

(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類 (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) ブロモフェノール類 (PBPhs)

a. PBPhs 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、2,3,4,5,6-PeBPh

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)

α -HBCD、 β -HBCD、 γ -HBCD

(6) 塩素化ダイオキシン類 (PCDD/Fs,Co-PCB)

a. PCDD/Fs の 2,3,7,8-位塩素置換異性体

2,3,7,8-TeCDD、1,2,3,7,8-PeCDD、1,2,3,4,7,8-HxCDD、
1,2,3,6,7,8-HxCDD、1,2,3,7,8,9-HxCDD、1,2,3,4,6,7,8-HpCDD、OCDD、

2,3,7,8-TeCDF、1,2,3,7,8-PeCDF、2,3,4,7,8-PeCDF、1,2,3,4,7,8-HxCDF、
 1,2,3,6,7,8-HxCDF、1,2,3,7,8,9-HxCDF、2,3,4,6,7,8-HxCDF、
 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF、1,2,3,4,7,8,9-HpCDF、OCDF

b. PCDD/Fs の同族体

TeCDDs、PeCDDs、HxCDDs、HpCDDs、OCDD、
 TeCDFs、PeCDFs、HxCDFs、HpCDFs、OCDF

c. Co-PCB

3,4,4',5'-TeCB (#81)、3,3',4,4'-TeCB (#77)、3,3',4,4',5'-PeCB (#126)、
 3,3',4,4',5,5'-HxCB (#169)、
 2',3,4,4',5'-PeCB (#123)、2,3',4,4',5'-PeCB (#118)、2,3,3',4,4'-PeCB (#105)、
 2,3,4,4',5'-PeCB (#114)、2,3',4,4',5,5'-HxCB (#167)、
 2,3,3',4,4',5'-HxCB (#156)、2,3,3',4,4',5'-HxCB (#157)、
 2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (#189)

3. 試料概要

3.1 採取試料一覧

(1) 下水道終末処理場(A 施設)

表 3-1 採取試料一覧表

試料名	採取ポイント	採取方法
流入水-1 (未処理排水)	施設外下水道 マンホール	過去 DeBDE を使用していた難燃繊維加工施設 の未処理水を 1 回採取
流入水-2 (沈砂池前)	沈砂池前マンホ ール	約 3 時間間隔毎に 2 回採取
放流水	消毒槽	大量採取装置にて約 2.5 時間で約 200L 採取
脱水汚泥	脱水機	脱水機から 1 回採取

※ 流入水-2 の排水試料は、複数回採取した試料を等量混合して、1 試料とした。

(2) 製鋼用電気炉 (B 施設)

表 3-2 採取試料一覧表

試料名	採取ポイント	採取方法
排ガス (直引集塵機出口)	煙突前煙道	JIS K 0311 の I 形採取装置 2 連で、電気炉 稼働時に 4h 連続採取
排ガス (建屋集塵機出口)	建屋集塵機出口	JIS K 0311 の I 形採取装置 2 連で、電気炉 稼働時に 4h 連続採取
ばいじん	直引集塵機ホッパー	直引集塵機バグフィルタ灰を 1 回採取

3.2 試料採取状況

(1) 下水道終末処理場 (A 施設)

表 3-3 排出水試料の概況 (1)

試料名	採取回数	天候	pH	水温	電気伝導度	酸化還元電位	透視度
				(°C)	(mS/m)	(mV)	(cm)
流入水-1 (未処理排水)	1 回目	晴れ	6.99	35.5	33.7	30	2.0
流入水-2 (沈砂池前)	1 回目	晴れ	7.34	24.6	50.1	222	2.3
	2 回目	晴れ	7.18	25.5	49.6	254	2.5
放流水	1 回目	晴れ	6.73	23.7	35.5	336	>30
	2 回目	晴れ	6.74	23.4	35.1	352	>30

表 3-4 排出水試料の概況 (2)

試料名	臭化物イオン	SS	外観	臭気
	(mg/L)	(mg/L)		
流入水-1 (未処理排水)	0.6	37	灰濁色	弱下水臭
流入水-2 (沈砂池前)	0.2	50	黄褐色	下水臭
放流水	<0.1	1.6	透明	無臭

表 3-5 汚泥試料の概況

試料名	含水率
	(%)
脱水汚泥	76.0

(2) 製鋼用電気炉 (B 施設)

表 3-6 排出ガス試料の概況 (1)

試料名	ガス温度	水分	ガス流速	ガス量 (湿り)	ガス量 (乾き)	補正吸引量
	(°C)	(vol%)	(m/s)	(m ³ _N /h)	(m ³ _N /h)	(m ³ _N)
排ガス-1 (直引集塵機出口)	55	11.74	17.4	105,000	92,700	8.1894
排ガス-2 (建屋集塵機出口)	45	2.14	21.8	358,000	350,000	8.6574

表 3-7 排出ガス試料の概況 (1)

試料名	一酸化炭素 濃度	酸素 濃度	臭化水素 濃度	塩化水素 濃度	ばいじん 濃度
	(volppm)	(vol%)	(mg/m ³ _N)	(mg/m ³ _N)	(g/m ³ _N)
排ガス (直引集塵機出口)	491	16.8	<1	<1	0.002
排ガス (建屋集塵機出口)	18	20.9	<1	<1	<0.001

4. 分析方法

4.1 分析方法

(1) 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 4-1～図 4-4 により抽出後、各媒体共通分析フロー図 4-5 により測定を行った。

(2) PBDEs、TBBPA、HBCDs、PBPhs

各媒体別の試料抽出フロー図 4-1～図 4-4 により抽出後、各媒体共通分析フロー図 4-6 により測定を行った。

(3) PCDD/Fs 及び Co-PCB

排ガス試料は JIS K 0311 (2008)、排水試料は JIS K 0312 (2008)、汚泥等は厚生省告示 192 号により測定を行った。各媒体別の試料抽出フロー図 4-1～図 4-4 により抽出後、各媒体共通分析フロー図 4-7 により測定を行った。

4.2 試料採取概要

(1) 流入水

採水場所において、ステンレス製バケツ類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。採取回数は複数回採水した。

(2) 放流水

放流水は、採取場所において、ポンプで水を毎分 1.0～1.5L 程度で 200L 程度吸引して、懸濁態をろ紙により捕捉した後、溶存態をポリウレタンフォームに吸着捕集した。

(3) 脱水汚泥及びばいじん

脱水汚泥及びばいじんは、採取場所において、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) 排ガス

採取管部、フィルタ捕集部、液体捕集部、吸着捕集部、吸引ポンプ及び流量測定部からなる採取装置により、試料採取をした。なお、排ガスは採取試料量を多くするために、採取装置(インピンジャー)を2連で採取した。

4.3 分析フロー

各媒体別の試料抽出フローを図 4-1～図 4-4 に示す。また、各媒体共通の分析フローを図 4-5～図 4-7 に示す。

(1) 排水水 (流入水)

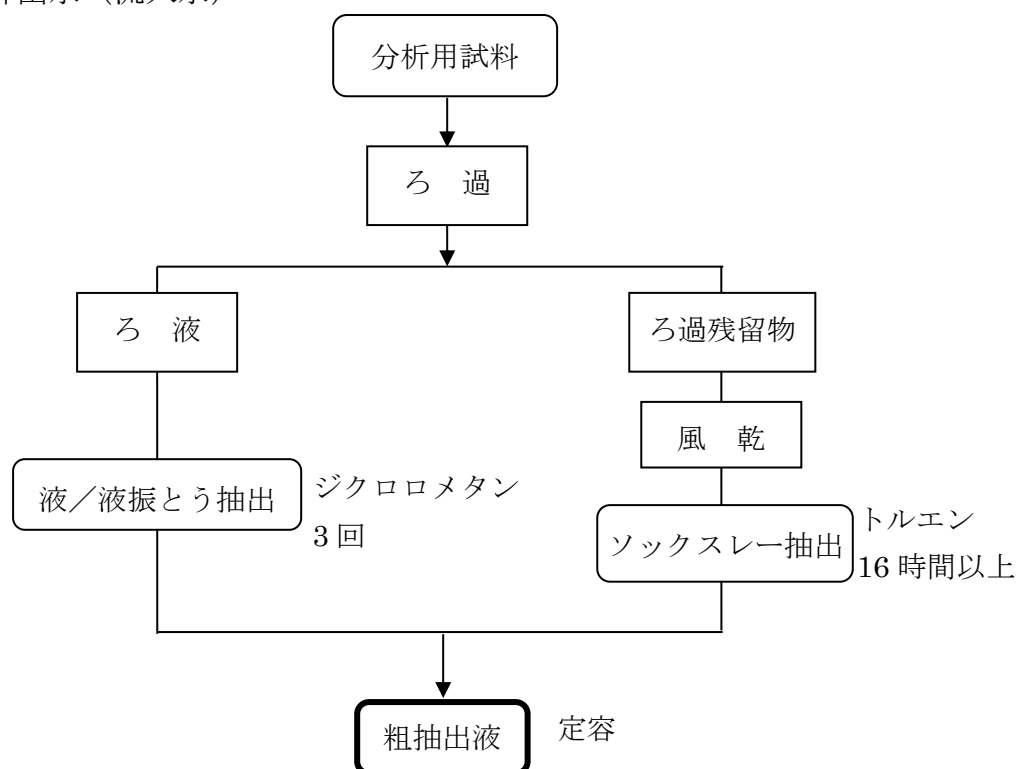


図 4-1 流入水抽出分析フロー

(2) 排水水 (放流水)

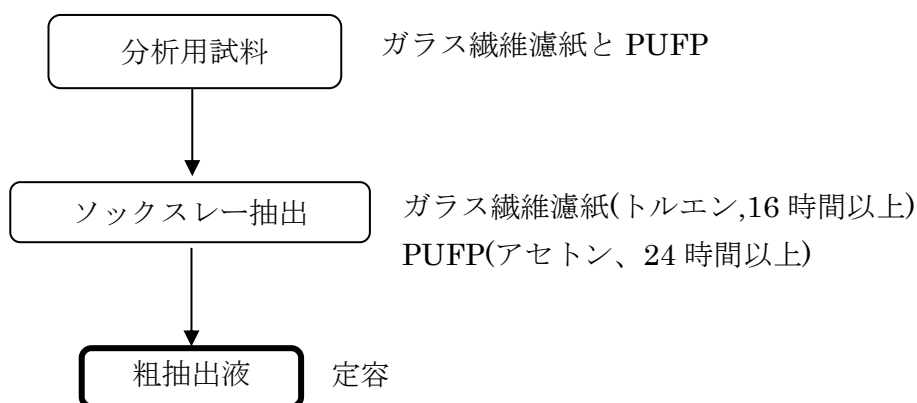


図 4-2 排水水 (放流水) 抽出分析フロー

(3) 脱水汚泥及びばいじん

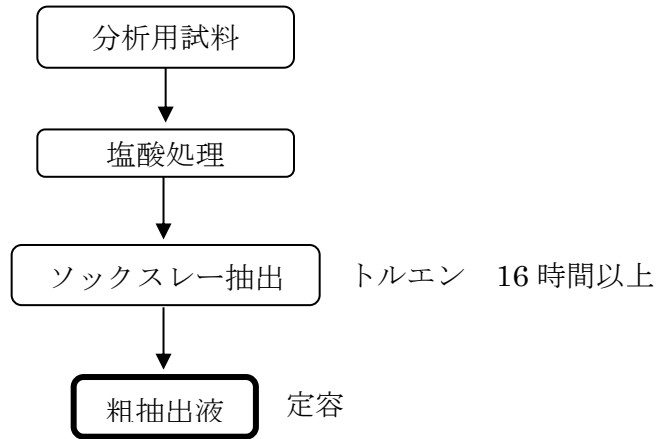


図 4-3 脱水汚泥及びばいじん抽出分析フロー

(4) 排出ガス

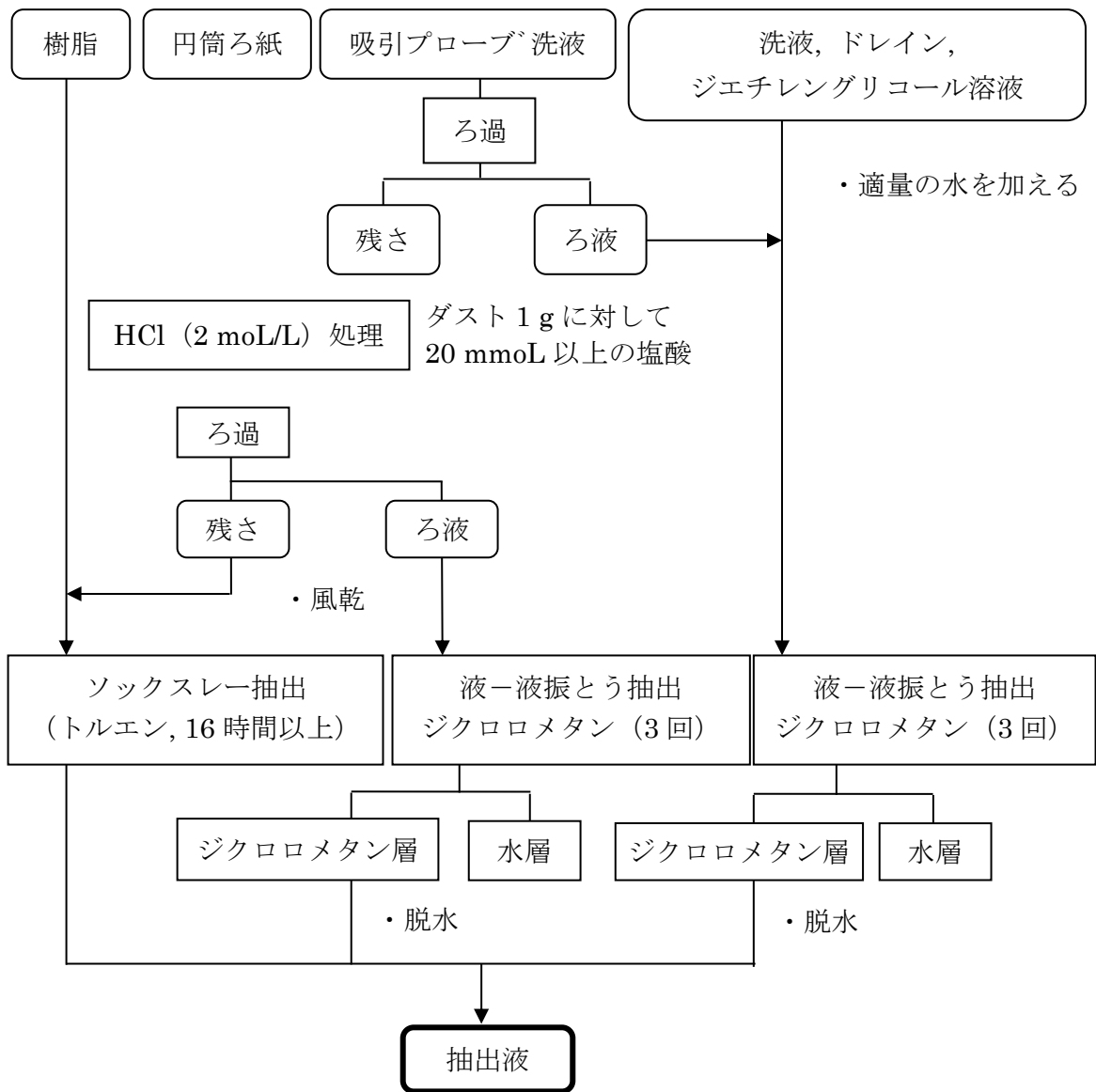


図 4-4 排出ガス試料基本抽出分析フロー

(5) 各媒体共通分析フロー

① PBDD/Fs

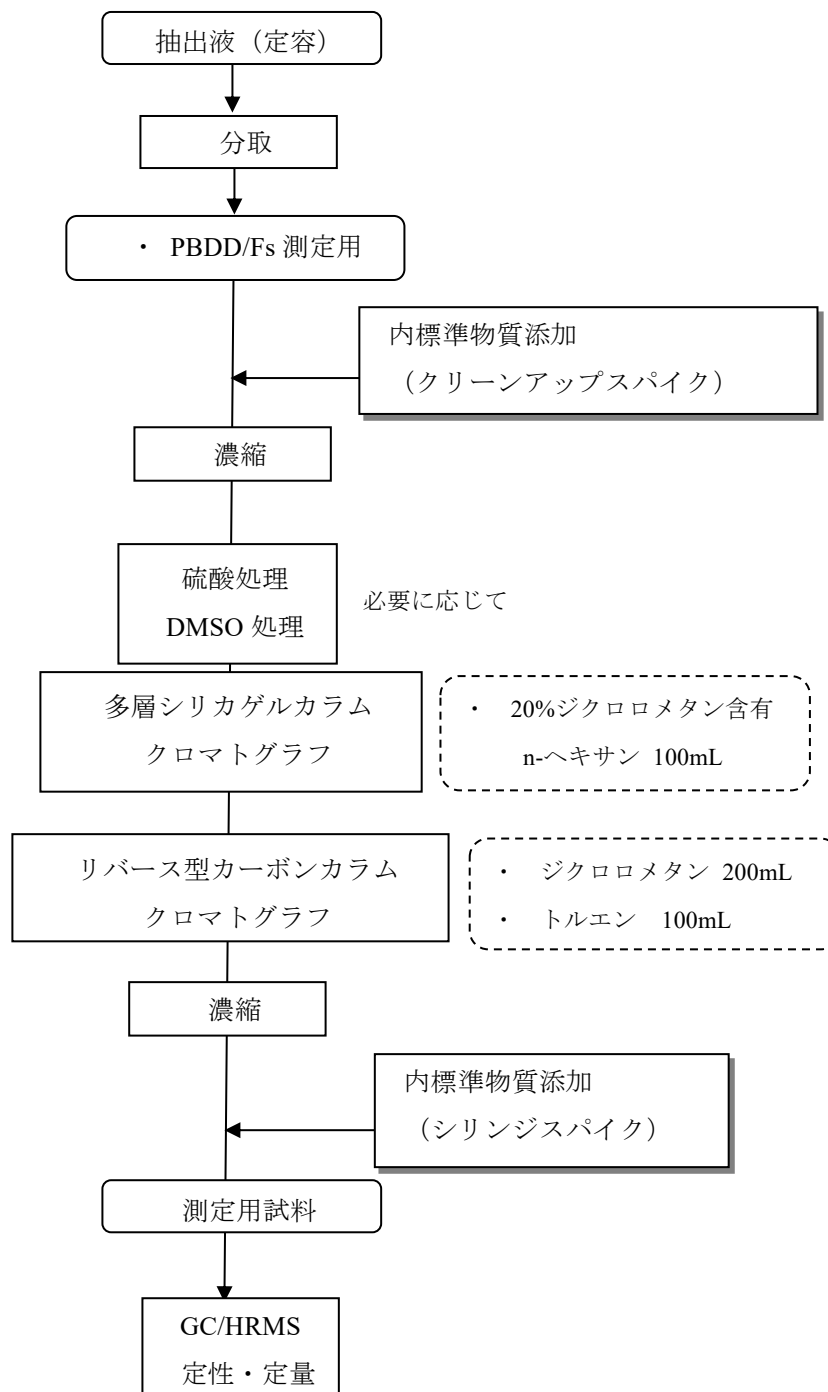


図 4-5 各媒体共通分析フロー(1)

② PBDEs、TBBPA、PBPhs、HBCDs

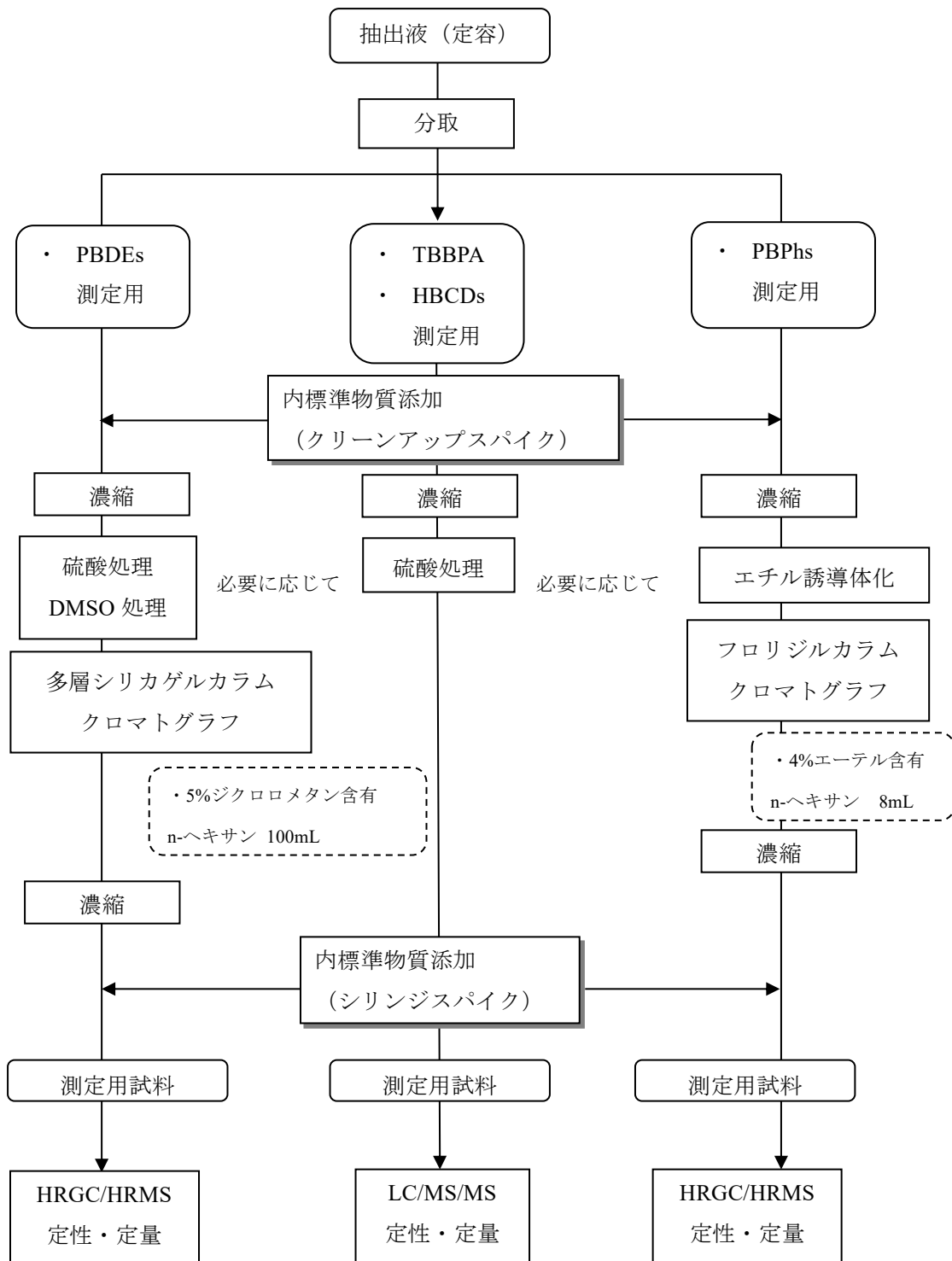


図 4-6 各媒体共通分析フロー (2)

③ PCDD/Fs、Co-PCB

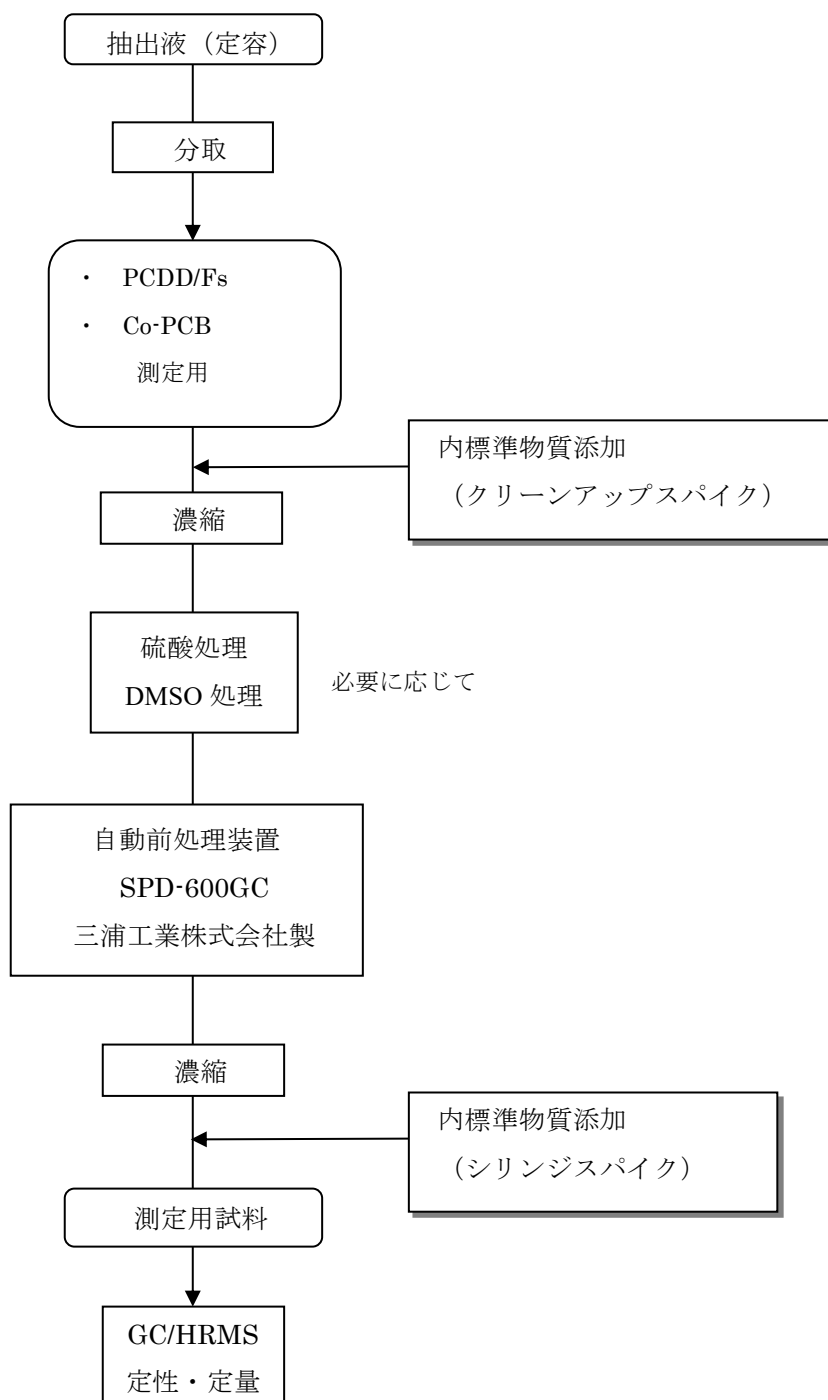


図 4-7 各媒体共通分析フロー (3)

4.4 測定条件

(1) PBDD/Fs

a. 分析装置

GC: Agilent-7890 (Agilent 社製)

MS: JMS-800D UltraFOCUS (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) ,0.15μm

- ・ 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) ,0.10μm

- ・ 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 4-1~表 4-4 に示す。

① 4~6 臭素化体

表 4-1 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	500μA
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

表 4-2 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	500μA
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 4-3 設定質量数

	(M+2) +	(M+4) +	(M+6) +	(M+8) +
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 4-4 設定質量数 (内標準物質)

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

(2) PBDEs

a. 分析装置

GC: HP-7890 (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) ,0.25μm

- ・ 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) ,0.10μm

- ・ 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 4-5～表 4-8 に示す。

① 1～7 臭素化体

表 4-5 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	500μA
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

表 4-6 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	500μA
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 4-7 設定質量数

	M ⁺	(M+2) ⁺	(M+4) ⁺	(M+6) ⁺	(M+8) ⁺	(M+10) ⁺
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] ⁺ 641.5145		*[(M+8)-2Br] ⁺ 643.5125	801.3491	803.3471
NoBDEs		*[(M+8)-2Br] ⁺ 719.4250		*[(M+10)-2Br] ⁺ 721.4230	879.2596	881.2576
DeBDE		*[(M+8)-2Br] ⁺ 797.3355		*[(M+10)-2Br] ⁺ 799.3335	957.1701	959.1681

*フラグメントイオン

表 4-8 設定質量数 (内標準物質)

	M ⁺	(M+2) ⁺	(M+4) ⁺	(M+6) ⁺	(M+8) ⁺	(M+10) ⁺
¹³ C ₁₂ -MoBDEs	260.0239	262.0219				
¹³ C ₁₂ -DiBDEs	337.9344	339.9324				
¹³ C ₁₂ -TrBDEs		417.8429	419.8409			
¹³ C ₁₂ -TeBDEs		495.7534	497.7514			
¹³ C ₁₂ -PeBDEs			575.6619	577.6599		
¹³ C ₁₂ -HxBDEs			653.5724	655.5704		
¹³ C ₁₂ -HpBDEs				733.4809	735.4789	
¹³ C ₁₂ -OBDEs	*[(M+4)-2Br]+651.5568		*[(M+6)-2Br]+653.5547		813.3894	815.3874
¹³ C ₁₂ -NoBDEs	*[(M+8)-2Br]+731.4652		*[(M+10)-2Br]+733.4632		891.2999	893.2979
¹³ C ₁₂ -DeBDE	*[(M+8)-2Br]+809.3757		*[(M+10)-2Br]+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:CH₃CN
A:B=65 : 35 (1min) → (15min) →0 : 100 (5min)
- ・流速 : 0.2mL/min
- ・カラム温度 : 40℃
- ・注入量 : 10μL

c. MS/MS 部条件

MS/MS 設定条件及び設定質量数を表 4-9～表 4-11 に示す。

表 4-9 MS/MS 設定条件

インターフェース	エレクトロスプレー
モード	negative
カーテングス (CUR)	40psi
イオンスプレー電圧 (IS)	-4,500V
プローブ温度 (TEM)	600℃
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 4-10 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 4-11 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
¹³ C ₁₂ -TBBPA	554.6	80.7
¹³ C ₁₂ -HBCDs	652.5	78.9
<i>d</i> ₁₆ -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: AutoSpec-Ultima NT (Waters 社製)

b. GC 部条件

- ・分離カラム : HP-5MS (Agilent 社製)
fused silica capillary column 30m×0.25mm (id) ,0.15μm
- ・カラム温度 : 60℃ (1min hold) →15℃/min→220℃→25℃/min
→320℃ (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 4-12～表 4-14 に示す。

表 4-12 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	500μA
加速電圧	10kV
インターフェース温度	250℃
イオン源温度	250℃
分解能	10,000 以上

表 4-13 設定質量数

	M ⁺	(M+2) ⁺	(M+4) ⁺	(M+6) ⁺
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 4-14 設定質量数 (内標準物質)

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

(5) PCDD/Fs、Co-PCB

a. 分析装置

GC: HP-7890 (Agilent 社製)

MS: AutoSpec-Premier (Waters 社製)

b. GC 部条件

① BPX-DXN 測定

- ・分離カラム : BPX-DXN (SGE 社製)

fused silica capillary column 60m×0.25mm (id) ,膜厚
不明

- ・カラム温度 : 130°C (1min hold) →15°C/min→210°C→3°C/min
→310°C→5°C/min→320°C (8min hold)

- ・注入方法 : スプリットレス法

② RH-12ms 測定

- ・分離カラム : RH-12ms (Invetx 社製)

fused silica capillary column 60m×0.25mm (id) ,膜厚
不明

- ・カラム温度 : 130°C (1min hold) →15°C/min→210°C→4°C/min
→310°C→5°C/min→320°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 4-15～表 4-18 に示す。

① BPX-DXN 測定

表 4-15 MS 設定条件

イオン化方法	EI
イオン化電圧	35eV
イオン化電流	500μA
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

② RH-12ms 測定

表 4-16 MS 設定条件

イオン化方法	EI
イオン化電圧	35eV
イオン化電流	500 μ A
加速電圧	10kV
インターフェース温度	250 $^{\circ}$ C
イオン源温度	250 $^{\circ}$ C
分解能	10,000 以上

表 4-17 設定質量数

	M ⁺	(M+2) ⁺	(M+4) ⁺
TeCDDs	319.8965	321.8936	
PeCDDs	353.8576	355.8546	
HxCDDs		389.8156	391.8127
HpCDDs		423.7767	425.7737
OCDD		457.7377	459.7348
TeCDFs	303.9016	305.8986	
PeCDFs		339.8597	341.8568
HxCDFs		373.8207	375.8178
HpCDFs		407.7818	409.7788
OCDF		441.7428	443.7398
TeCBs	289.9224	291.9194	
PeCBs		325.8804	327.8775
HxCBs		359.8415	361.8367
HpCBs		393.8025	395.7995

表 4-18 設定質量数 (内標準物質)

	M ⁺	(M+2) ⁺	(M+4) ⁺
¹³ C ₁₂ -TeCDDs	331.9368	333.9339	
¹³ C ₁₂ -PeCDDs	365.8978	367.8949	369.8919
¹³ C ₁₂ -HxCDDs	399.8589	401.8559	403.8530
¹³ C ₁₂ -HpCDDs		435.8169	437.8140
¹³ C ₁₂ -OCDD		469.7780	471.7750
¹³ C ₁₂ -TeCDFs	315.9419	317.9389	
¹³ C ₁₂ -PeCDFs		351.9000	353.8970
¹³ C ₁₂ -HxCDFs		385.8610	387.8580
¹³ C ₁₂ -HpCDFs		419.8220	421.8191
¹³ C ₁₂ -OCDF		453.7830	455.7801
¹³ C ₁₂ -TeCBs	301.9626	303.9597	
¹³ C ₁₂ -PeCBs		337.9207	339.9178
¹³ C ₁₂ -HxCBs		371.8817	373.8788
¹³ C ₁₂ -HpCBs		405.8428	407.8398

4.5 検出下限値

検出下限算出方法

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

C_{DL} : 試料における検出下限 (pg (ng) / 試料単位)

MDL : 測定方法の検出下限 (pg (ng))

v_i : HRGC/HRMS (LC/MS/MS) への注入量 (μ L)

v : 測定試料の液量 (μ L)

V_E : 抽出液量 (mL)

V'_E : 抽出液の分取量 (mL)

V : 試料量

表 4-19 PBDD/Fs 検出下限値一覧表

試料の種類	流入水	放流水	汚泥、 ばいじん	排ガス
試料量	19L	200L	20g-dry	8 m ³ _N
単位	pg/L	pg/L	ng/g-dry	ng/m ³ _N
2,3,7,8-TeBDD	0.1	0.004	0.00004	0.0001
1,2,3,7,8-PeBDD	0.3	0.01	0.0001	0.0003
1,2,3,4,7,8-HxBDD	2	0.06	0.0006	0.001
1,2,3,6,7,8-HxBDD	2	0.07	0.0007	0.002
1,2,3,7,8,9-HxBDD	1	0.05	0.0005	0.001
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	1	0.04	0.0004	0.001
OBDD	3	0.1	0.001	0.003
2,3,7,8-TeBDF	0.1	0.004	0.00004	0.0001
1,2,3,7,8-PeBDF	0.5	0.02	0.0002	0.0005
2,3,4,7,8-PeBDF	0.6	0.02	0.0002	0.0006
1,2,3,4,7,8-HxBDF	1	0.05	0.0005	0.001
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	1	0.05	0.0005	0.001
OBDF	3	0.1	0.001	0.003

※ 検出下限値は、試料量及び分取量により異なる場合がある。

表 4-20 PBDEs、TBBPA、HBCDs 検出下限値一覧表

試料の種類	流入水	放流水	汚泥、 ばいじん	排ガス
試料量	19L	200L	20g-dry	8 m ³ _N
単位	ng/L	ng/L	ng/g-dry	ng/m ³ _N
MoBDEs	0.003	0.0003	0.003	0.007
4,4'-DiBDE (#15)	0.003	0.0003	0.003	0.007
DiBDEs	0.003	0.0003	0.003	0.007
2,4,4'-TrBDE (#28)	0.005	0.0004	0.004	0.01
TrBDEs	0.005	0.0005	0.005	0.01
2,2',4,4'-TeBDE (#47)	0.004	0.0004	0.004	0.01
TeBDEs	0.008	0.0008	0.008	0.02
2,2',4,4',6'-PeBDE (#100)	0.004	0.0004	0.004	0.01
2,2',4,4',5'-PeBDE (#99)	0.006	0.0006	0.006	0.02
PeBDEs	0.006	0.0006	0.006	0.02
2,2',4,4',5,6'-HxBDE (#154)	0.005	0.0005	0.005	0.01
2,2',4,4',5,5'-HxBDE (#153)	0.008	0.0008	0.008	0.02
HxBDEs	0.01	0.001	0.01	0.03
2,2',3,4,4',5',6'-HpBDE (#183)	0.01	0.001	0.01	0.03
HpBDEs	0.01	0.001	0.01	0.03
OBDEs	0.007	0.0007	0.007	0.02
NBDEs	0.02	0.002	0.02	0.04
2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'- DeBDE (#209)	0.02	0.002	0.02	0.06
α-HBCD	0.4	0.007	0.07	0.2
β-HBCD	0.7	0.01	0.1	0.3
γ-HBCD	0.4	0.008	0.08	0.2
TBBPA	0.5	0.01	0.1	0.2

※ 検出下限値は、試料量及び分取量により異なる場合がある。

表 4-21 PBPhs 検出下限値一覧表

試料の種類	流入水	放流水	汚泥、 ばいじん	排ガス
試料量	19L	200L	20g-dry	8 m ³ _N
単位	ng/L	ng/L	ng/g-dry	ng/m ³ _N
2-bromophenol	0.7	0.03	0.3	0.8
3/4-bromophenol	0.6	0.03	0.3	0.8
2,6-dibromophenol	0.6	0.03	0.3	0.7
2,5/3,5-dibromophenol	0.7	0.03	0.3	0.8
2,4-dibromophenol	0.6	0.03	0.3	0.7
3,4-dibromophenol	0.6	0.03	0.3	0.7
2,3-dibromophenol	0.7	0.03	0.3	0.8
2,4,6-tribromophenol	0.5	0.02	0.2	0.6
2,3,6-tribromophenol	0.5	0.02	0.2	0.6
2,4,5-tribromophenol	0.5	0.02	0.2	0.6
2,3,5-tribromophenol	0.5	0.02	0.2	0.6
3,4,5-tribromophenol	0.5	0.02	0.2	0.6
2,3,4-tribromophenol	0.5	0.02	0.2	0.6
2,3,4,5- tetrabromophenol	0.5	0.02	0.2	0.6
2,3,4,6- tetrabromophenol	0.5	0.02	0.2	0.6
2,3,5,6- tetrabromophenol	0.5	0.02	0.2	0.6
2,3,4,5,6- pentabromophenol	0.5	0.02	0.2	0.6

※ 検出下限値は、試料量及び分取量により異なる場合がある。

表 4-22 PCDD/Fs、Co-PCBs 検出下限値一覧表

試料の種類	流入水	放流水	汚泥、 ばいじん	排ガス
試料量	19L	200L	20g-dry	8 m ³ _N
単位	pg/L	pg/L	ng/g-dry	ng/m ³ _N
2,3,7,8-TeCDD	0.2	0.2	0.0008	0.001
1,2,3,7,8-PeCDD	0.2	0.2	0.0006	0.0006
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.09	0.09	0.0007	0.0007
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.09	0.09	0.001	0.0008
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	0.1	0.0008	0.0005
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.2	0.2	0.0008	0.0008
OCDD	0.2	0.2	0.001	0.002
2,3,7,8-TeCDF	0.2	0.2	0.0006	0.0004
1,2,3,7,8-PeCDF	0.09	0.09	0.0009	0.001
2,3,4,7,8-PeCDF	0.1	0.1	0.0004	0.0007
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.08	0.08	0.0009	0.0006
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.2	0.2	0.0007	0.001
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.05	0.05	0.0006	0.0005
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1	0.0004	0.0009
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.06	0.05	0.0007	0.0008
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.1	0.1	0.0007	0.001
OCDF	0.1	0.1	0.0005	0.002
3,4,4',5'-TeCB(#81)	0.07	0.07	0.0005	0.0004
3,3',4,4'-TeCB(#77)	0.1	0.1	0.0003	0.0005
3,3',4,4',5'-PeCB(#126)	0.05	0.05	0.0005	0.0003
3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	0.2	0.1	0.0002	0.0006
2',3,4,4',5'-PeCB(#123)	0.09	0.09	0.0002	0.0004
2,3',4,4',5'-PeCB(#118)	0.1	0.1	0.0005	0.0006
2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	0.1	0.1	0.0006	0.0003
2,3,4,4',5'-PeCB(#114)	0.1	0.1	0.0004	0.0004
2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	0.09	0.08	0.0005	0.0005
2,3,3',4,4',5'-HxCB(#156)	0.09	0.09	0.0004	0.0004
2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	0.1	0.09	0.0003	0.001
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	0.06	0.05	0.0006	0.0006

※ 検出下限値は、試料量及び分取量により異なる場合がある。

5. 調査結果（総括表）

(1) 臭素化ダイオキシン類（PBDD/Fs）

① 下水道終末処理場（A 施設）

a. 排水水

表 5-1 排水水の分析結果（毒性等量相当値）（pg-TEQ/L）

物質名	流入水-1 (未処理排水)	流入水-2 (沈砂池前)	放流水
PBDDs	0.46	0.46	0.016
	0.0063	0.0030	0.00010
PBDFs	4.1	1.4	0.19
	4.0	1.3	0.19
PBDD/Fs	4.5	1.8	0.20
	4.0	1.3	0.19

注 1) PBDD/Fs (TEQ) は、WHO/IPCS(2006)による PCDD/Fs の TEF により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、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。

表 5-2 排水水の分析結果（実測濃度）（pg/L）

物質名	流入水-1 (未処理排水)	流入水-2 (沈砂池前)	放流水
PBDDs	23	11	0.4
PBDFs	1,200	350	190
PBDD/Fs	1,200	360	190

b. 汚泥

表 5-3 汚泥の分析結果（毒性等量相当値）（ng-TEQ/g-dry）

物質名	脱水汚泥
PBDDs	0.00041
	0.0000069
PBDFs	0.0022
	0.0021
PBDD/Fs	0.0026
	0.0021

注 1) PBDD/Fs (TEQ) は、WHO/IPCS(2006)による PCDD/Fs の TEF により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、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。

表 5-4 汚泥の分析結果（実測濃度）（ng/g-dry）

物質名	脱水汚泥
PBDDs	0.029
PBDFs	0.81
PBDD/Fs	0.84

② 製鋼用電気炉（B 施設）

a. 排出ガス

表 5-5 排出ガスの分析結果（毒性等量相当値）（ng-TEQ/m³N）

物質名	排ガス-1 （直引集塵機出口）	排ガス-2 （建屋集塵機出口）
PBDDs	0.00041	0.00040
	0.0000016	0
PBDFs	0.00022	0.00018
	0.00008	0.00005
PBDD/Fs	0.00063	0.00058
	0.00008	0.00005

注 1) PBDD/Fs (TEQ) は、WHO/IPCS(2006)による PCDD/Fs の TEF により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、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。

表 5-6 排出ガスの分析結果（実測濃度）（ng/m³N）

物質名	排ガス-1 （直引集塵機出口）	排ガス-2 （建屋集塵機出口）
PBDDs	0.009	0.0021
PBDFs	0.097	0.044
PBDD/Fs	0.11	0.046

b. ばいじん

表 5-7 ばいじんの分析結果(毒性等量相当値) (ng-TEQ/g-dry)

物質名	ばいじん (直引集塵機)
PBDDs	0.0028
	0.0028
PBDFs	0.045
	0.045
PBDD/Fs	0.048
	0.048

注1) PBDD/Fs (TEQ) は、WHO/IPCS(2006)による PCDD/Fs の TEF により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、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。

表 5-8 ばいじんの分析結果(実測濃度) (ng/g-dry)

物質名	ばいじん (直引集塵機)
PBDDs	0.17
PBDFs	8.7
PBDD/Fs	8.8

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

① 下水道終末処理場 (A 施設)

a. 排出水

表 5-9 排出水の分析結果 (ng/L)

物質名	流入水-1 (未処理排水)	流入水-2 (沈砂池前)	放流水
PBDEs	17,000	6,400	190
DeBDE	17,000	6,200	180
TBBPA	15	6.4	1.6
PBPhs	140	380	1.5
HBCDs	330	28	0.45

b. 汚泥

表 5-10 汚泥の分析結果 (ng/g-dry)

物質名	脱水汚泥
PBDEs	16,000
DeBDE	16,000
TBBPA	19
PBPhs	5.9
HBCDs	9.6

② 製鋼用電気炉 (B 施設)

a. 排出ガス

表 5-11 排出ガスの分析結果 (ng/m³N)

物質名	排ガス-1 (直引集塵機出口)	排ガス-2 (建屋集塵機出口)
PBDEs	1.6	3.3
DeBDE	0.68	2.0
TBBPA	ND	ND
PBPhs	210	130
HBCDs	ND	ND

注) 表中の「ND」は、検出下限値未満であることを示す。

b. ばいじん

表 5-12 ばいじんの分析結果 (ng/g-dry)

物質名	ばいじん
PBDEs	28
DeBDE	5.8
TBBPA	4.9
PBPhs	1,100
HBCDs	ND

注) 表中の「ND」は、検出下限値未満であることを示す。

(3) 塩素化ダイオキシン類 (PCDD/Fs、Co-PCB)

① 下水道終末処理場 (A 施設)

a. 排出水

表 5-13 排出水の分析結果 (毒性等量値) (pg-TEQ/L)

物質名	流入水-1 (未処理排水)	流入水-2 (沈砂池前)	放流水
PCDDs	0.22	0.24	0.22
	0.0078	0.024	0.00041
PCDFs	0.39	0.26	0.060
	0.34	0.21	0
Co-PCB	0.020	0.013	0.0071
	0.018	0.0077	0.00069
PCDD/Fs、Co-PCB	0.63	0.51	0.28
	0.37	0.24	0.0011

注 1) TEF は、WHO/IPCS(2006)の TEF を適用した。

注 2) 毒性等量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、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。

表 5-14 排出水の分析結果 (実測濃度) (pg/L)

物質名	流入水-1 (未処理排水)	流入水-2 (沈砂池前)	放流水
PCDDs	6.9	28	1.8
PCDFs	19	20	ND
Co-PCB	50	130	21
PCDD/Fs、Co-PCB	76	170	22

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 5-15 汚泥の分析結果 (毒性等量値) (ng-TEQ/g-dry)

物質名	脱水汚泥
PCDDs	0.0019
	0.0014
PCDFs	0.0024
	0.0023
Co-PCB	0.0016
	0.0016
PCDD/Fs、Co-PCB	0.0058
	0.0053

注 1) TEF は、WHO/IPCS(2006)の TEF を適用した。

注 2) 毒性等量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、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。

表 5-16 汚泥の分析結果（実測濃度）（ng/g-dry）

物質名	脱水汚泥
PCDDs	0.41
PCDFs	0.17
Co-PCB	6.9
PCDD/Fs、Co-PCB	7.4

② 製鋼用電気炉（B 施設）

a. 排出ガス

表 5-17 排出ガスの分析結果（毒性等量値）（ng-TEQ/m³N）

物質名	排ガス-1 （直引集塵機出口）	排ガス-2 （建屋集塵機出口）
PCDDs	0.20	0.0037
	0.20	0.0037
PCDFs	0.25	0.010
	0.25	0.010
Co-PCB	0.080	0.0029
	0.080	0.0029
PCDD/Fs、Co-PCB	0.53	0.017
	0.53	0.017

注 1) TEF は、WHO/IPCS(2006)の TEF を適用した。

注 2) 毒性等量値の表中の上段は、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、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。

表 5-18 排出ガスの分析結果（実測濃度）（ng/m³N）

物質名	排ガス-1 （直引集塵機出口）	排ガス-2 （建屋集塵機出口）
PCDDs	16	0.70
PCDFs	63	1.7
Co-PCB	6.2	1.2
PCDD/Fs、Co-PCB	85	3.6

b. ばいじん

表 5-19 ばいじんの分析結果（毒性等量値）（ng-TEQ/g-dry）

物質名	ばいじん
PCDDs	2.3
	2.3
PCDFs	3.4
	3.4
Co-PCB	0.17
	0.17
PCDD/Fs、Co-PCB	5.9
	5.9

注 1) TEF は、WHO/IPCS(2006)の TEF を適用した。

注 2) 毒性等量値の表中の上段は、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、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。

表 5-20 ばいじんの分析結果（実測濃度）（ng/g-dry）

物質名	ばいじん
PCDDs	150
PCDFs	270
Co-PCB	9.4
PCDD/Fs、Co-PCB	420

6. まとめ及び考察

本調査では、下水終末処理場においては、過去 DeBDE を使用していた難燃繊維加工施設の未処理排水の流入水-1(未処理排水)、流入水-1 が流入する下水終末処理場の沈砂池前の流入水-2(沈砂池前)、活性汚泥処理後の放流水を採取した。さらに、最初沈殿池から発生した汚泥及び最終沈殿池の余剰汚泥が汚泥濃縮器で濃縮され、汚泥脱水機により脱水した汚泥試料を採取した。なお、調査施設は、平成 16 年度(2004 年度)B-3 施設、平成 26 年度(2014 年度)D 施設と同一施設である。

製鋼用電気炉においては、集塵処理後の直引集塵機出口、建屋集塵機出口の排ガスを採取した。さらに、電気炉で発生するばいじん濃度を評価するために、直引集塵機のばいじんを採取した。

6.1 下水道終末処理場 (A 施設)

(1) 排水

a. PBDD/Fs

PBDD/Fs 実測濃度は、処理前の流入水-2(沈砂池前) 360 pg/L、処理後の放流水 190 pg/L であった。毒性等量相当値 (ND=0) は、処理前の流入水-2(沈砂池前) 1.3 pg-TEQ/L、処理後の放流水 0.19 pg-TEQ/L であった。SS 濃度は、流入水-2(沈砂池前) 50 mg/L→放流水 1.6 mg/L であった(表 6-1、図 6-1)。

放流水中の PBDD/Fs 濃度レベルは、過去実施した同施設の調査データと濃度レベルを比較すると、1 桁低い濃度レベルであり、2014 年度調査における D 施設以外の濃度レベル (1.1~6.3pg/L) より、2 桁高い濃度レベルであった(図 6-1、表 6-1)。

また、本施設には過去 DeBDE を使用していた難燃繊維加工施設の未処理排水が流入している。その流入水-1(未処理排水)中の PBDD/Fs 実測濃度は 1,200pg/L、毒性等量相当値 (ND=0) は 4.0 pg-TEQ/L であった。流入水-2(沈砂池前)の PBDD/Fs 濃度は、2014 年度調査よりも 2~3 桁低い濃度レベルであった(表 6-2)。

PBDD/Fs 同族体組成は、HpBDF 及び OBDF が主体であった(図 6-2)。PBDD/Fs 異性体組成は、1,2,3,4,6,7,8-HpBDF 及び OBDF が主要な異性体であった(図 6-3)。

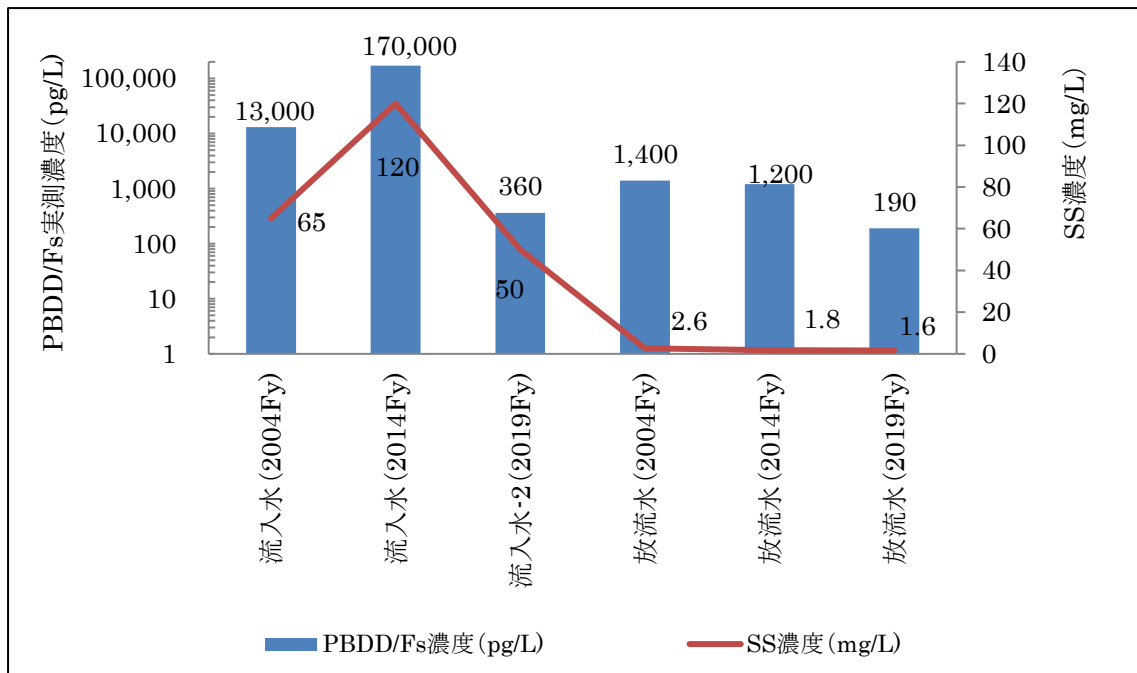


図 6-1 下水終末処理場における PBDD/Fs 実測濃度及び SS 濃度

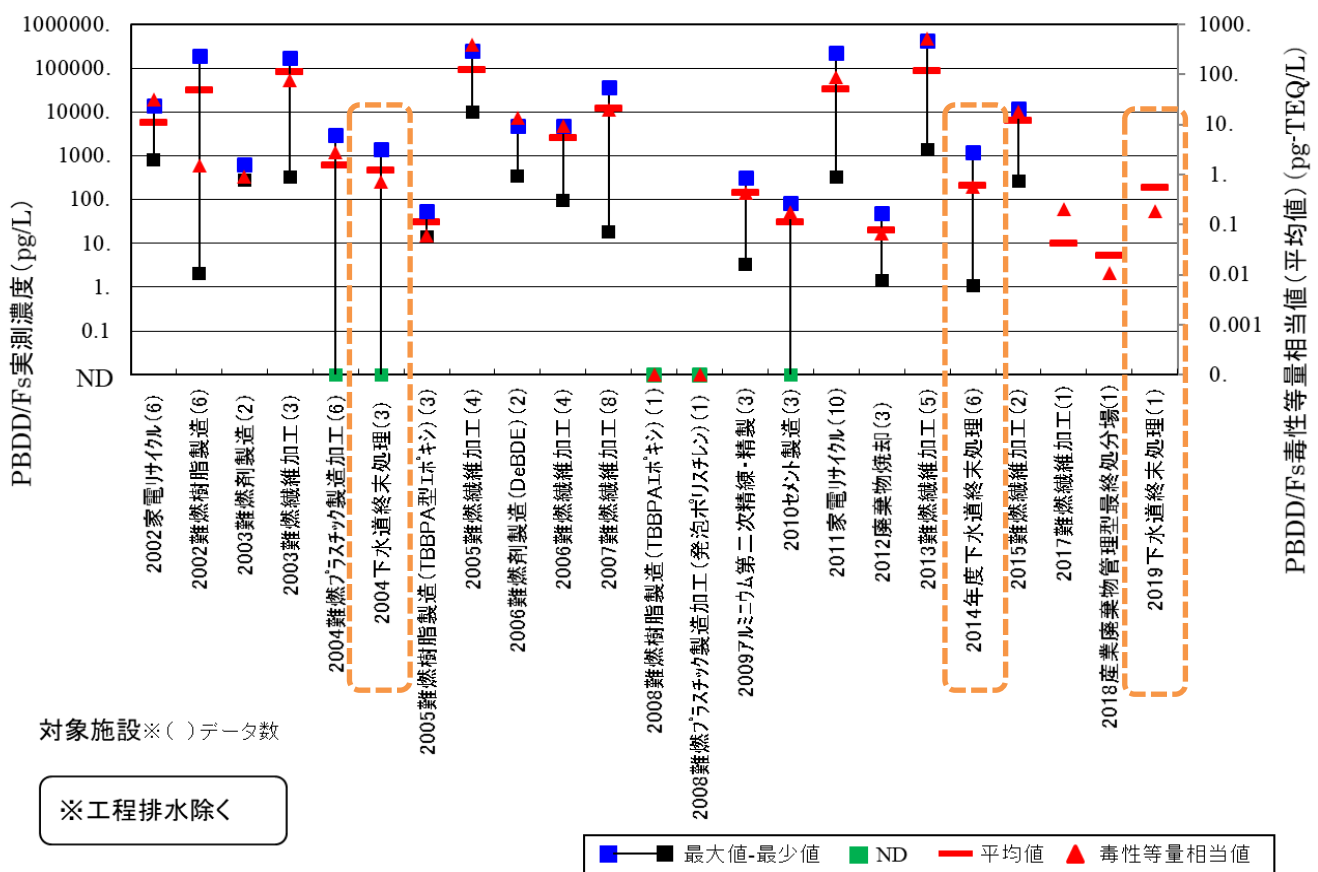


図 6-2 排水における PBDD/Fs 検出状況

表 6-1 下水終末処理場における排水中の PBDD/Fs 調査データ

	2004 年度 (B-3 施設)		2004 年度 (B-1 施設)		2004 年度 (B-2 施設)	
	流入水	放流水	流入水	放流水	流入水	放流水
PBDD/Fs 実測濃度 (pg/L)	13,000	1,400	2,900	ND	110	ND
PBDD/Fs 毒性等量 相当値 (pg-TEQ/L)	63	2.2	14	0	0.25	0
	2014 年度 (D 施設)		2014 年度 (A 施設)		2014 年度 (B 施設)	
	流入水	放流水	流入水	放流水	流入水	放流水
PBDD/Fs 実測濃度 (pg/L)	170,000	1,200	170	1.1	44	3.4
PBDD/Fs 毒性等量 相当値 (pg-TEQ/L)	200	3.2	0.31	0.0065	0.14	0.034
	2014 年度 (C 施設)		2014 年度 (E 施設)		2014 年度 (F 施設)	
	流入水	放流水	流入水	放流水	流入水	放流水
PBDD/Fs 実測濃度 (pg/L)	92	6.3	77	1.4	58	4.9
PBDD/Fs 毒性等量 相当値 (pg-TEQ/L)	0.78	0.011	0.39	0.0043	0.12	0.098
	2019 年度 (A 施設)		※「ND」は検出下限未満であることを示す。			
	流入水-2	放流水				
PBDD/Fs 実測濃度 (pg/L)	360	190				
PBDD/Fs 毒性等量 相当値 (pg-TEQ/L)	1.3	0.19				

表 6-2 難燃繊維加工施設からの放流水及び流入水中の PBDD/Fs 等調査データ

	2013 年度 (C 施設)	2019 年度 (A 施設)
	放流水	流入水-1
PBDD/Fs 実測濃度 (pg/L)	420,000	1,200
PBDD/Fs 毒性等量相当値 (pg-TEQ/L)	2,500	4.0
PBDEs 実測濃度 (ng/L)	10,000,000	17,000
HBCDs 実測濃度 (ng/L)	970	330

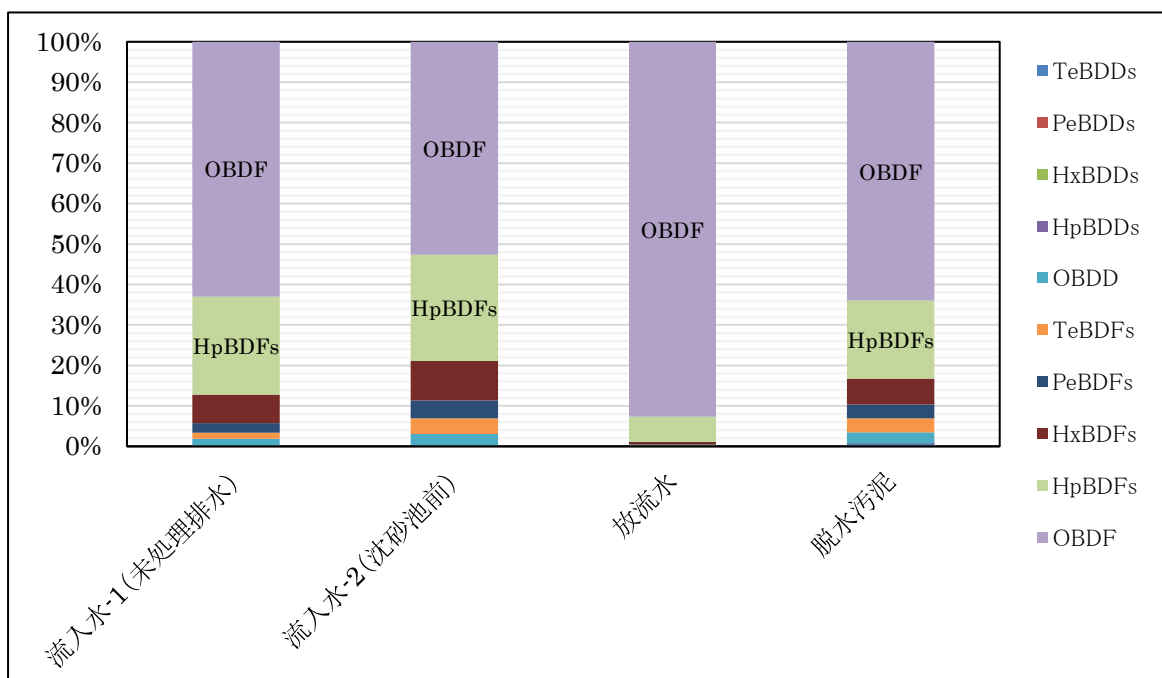


図 6-3 PBDD/Fs 同族体組成 (下水終末処理場)

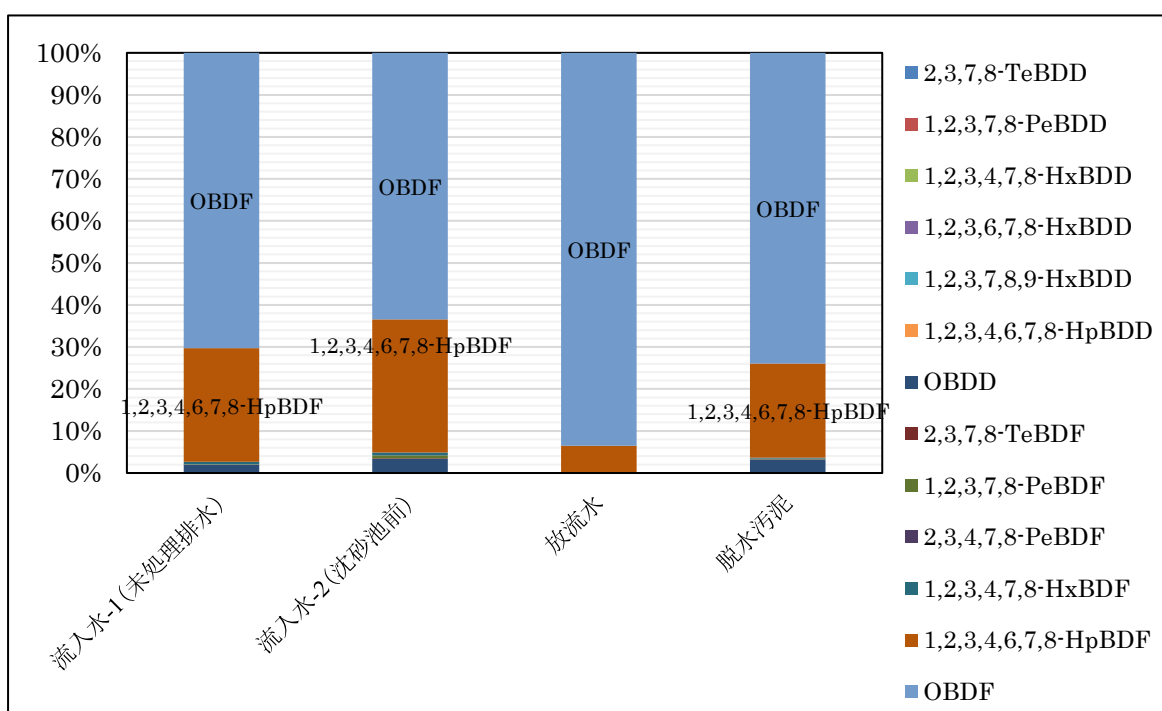


図 6-4 PBDD/Fs 異性体組成 (下水終末処理場)

b. PCDD/Fs 及び Co-PCB

PCDD/Fs 及び Co-PCB 実測濃度は、処理前の流入水-2(沈砂池前) 170 pg/L、処理後の放流水 22 pg/L であった。毒性等量値 (ND=0) は、処理前の流入水-2(沈砂池前) 0.24 pg-TEQ/L、処理後の放流水 0.0011 pg-TEQ/L であった。

当該施設はダイオキシン類の特定施設であり、処理後の放流水の過去デ

一タ 5 年間分 (0.00086~0.0050 pg-TEQ/L (平均 0.0033 pg-TEQ/L)) と比較すると、同水準の濃度範囲であった (表 6-3)。

表 6-3 同施設の下水終末処理場における排水中のダイオキシン類調査データ

	2004 年度 (B-3 施設)		2019 年度 (A 施設)	
	流入水	放流水	流入水-2	放流水
PCDD/Fs,Co-PCB 実測濃度 (pg/L)	650	43	170	22
PCDD/Fs,Co-PCB 毒性等量 (pg-TEQ/L)	2.3	0.28	0.24	0.0011

c. PBDEs

PBDEs 実測濃度は、処理前の流入水-2(沈砂池前)6,400 ng/L、処理後の放流水 190 ng/L であった。過去の調査データと比較すると、2桁低い濃度レベルであった (図 6-5、表 6-4)。

本施設では、過去 DeBDE を使用していた難燃繊維加工施設の未処理排水が流入している。2014 年度調査の他の下水道終末処理施設の流入水中の PBDEs 濃度レベル (17~320 ng/L (平均 140ng/L)) と比較すると、1桁高い濃度レベルであった (表 6-4)。

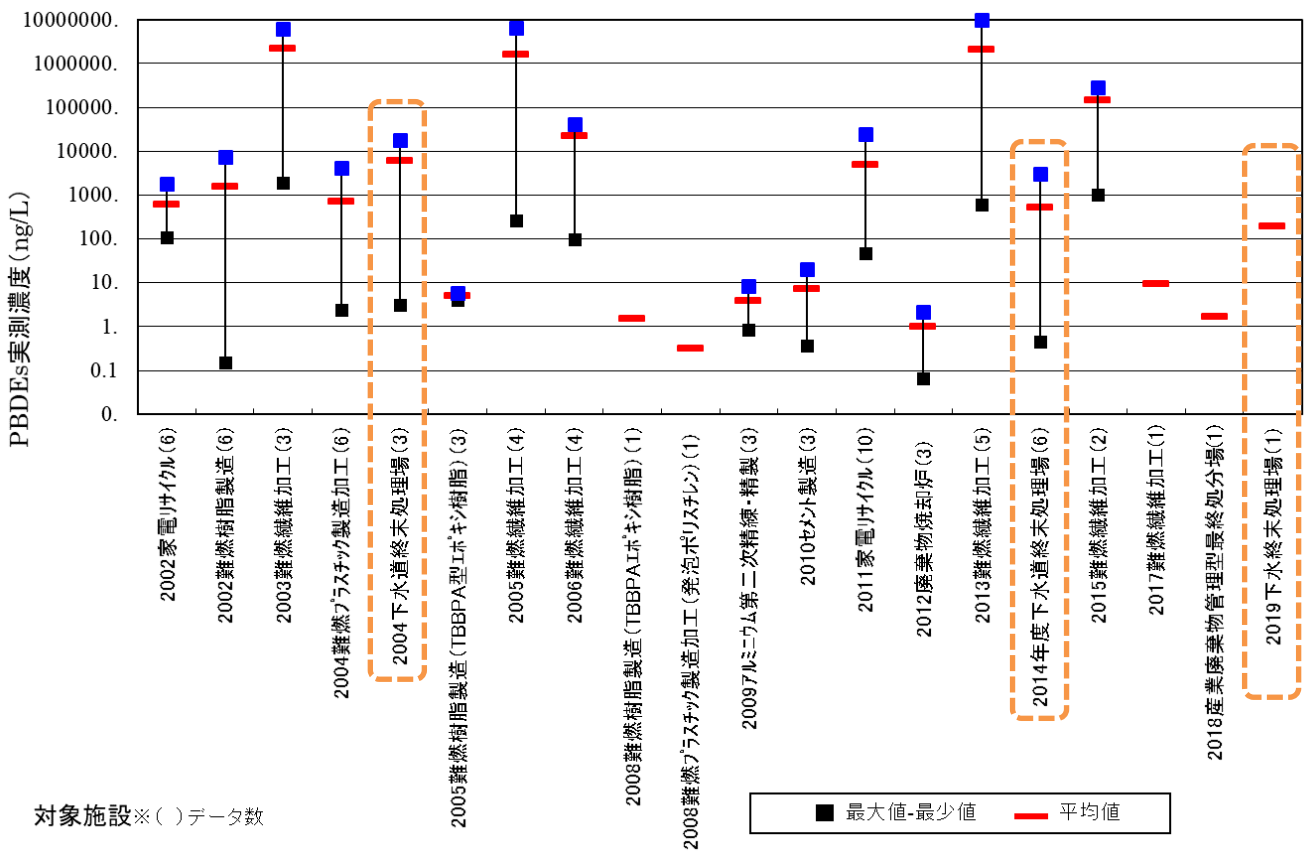


図 6-5 排水における PBDEs 検出状況

表 6-4 下水終末処理場における排水中の BFRs 調査データ

	2004 年度 (B-3 施設)		2004 年度 (B-1 施設)		2004 年度 (B-2 施設)	
	流入水	放流水	流入水	放流水	流入水	放流水
PBDEs 実測濃度 (ng/L)	490,000	18,000	4,200	3.2	140	12
HBCDs 実測濃度 (ng/L)	17,000	1,200	11	3.8	17	2.9
TBBPA 実測濃度 (ng/L)	6.7	0.33	11	0.85	11	1.4
PBPhs 実測濃度 (ng/L)	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	2014 年度 (D 施設)		2014 年度 (A 施設)		2014 年度 (B 施設)	
	流入水	放流水	流入水	放流水	流入水	放流水
PBDEs 実測濃度 (ng/L)	210,000	3,100	230	0.46	17	0.71
HBCDs 実測濃度 (ng/L)	68	0.40	44	0.96	26	0.53
TBBPA 実測濃度 (ng/L)	7.2	0.24	10	0.65	12	0.32
PBPhs 実測濃度 (ng/L)	21	1.6	11	0.55	8.6	0.15
	2014 年度 (C 施設)		2014 年度 (E 施設)		2014 年度 (F 施設)	
	流入水	放流水	流入水	放流水	流入水	放流水
PBDEs 実測濃度 (ng/L)	320	26	120	1.2	29	1.8
HBCDs 実測濃度 (ng/L)	280	1.6	85	0.59	45	0.73
TBBPA 実測濃度 (ng/L)	11	0.53	8.2	0.21	9.6	0.70
PBPhs 実測濃度 (ng/L)	12	0.60	4.8	0.05	21	0.69
	2019 年度 (A 施設)					
	流入水-2	放流水				
PBDEs 実測濃度 (ng/L)	6,400	190				
HBCDs 実測濃度 (ng/L)	28	0.45				
TBBPA 実測濃度 (ng/L)	6.4	1.6				
PBPhs 実測濃度 (ng/L)	380	1.5				

PBDEs 同族体組成は、全ての試料において DeBDE が 95 %以上を占めた組成であった (図 6-6)。DeBDE 以外の PBDEs 異性体組成は、流入水-1 (未処理排水) では、#153-HxBDE、#148/#154-HxBDE、#175/#183-HpBDE が主要な異性体であったが、流入水-2 (沈砂池前)、放流水、脱水汚泥では、#47-TeBDE、#99-PeBDE の比率が相対的に高くなっていた (図 6-7)。

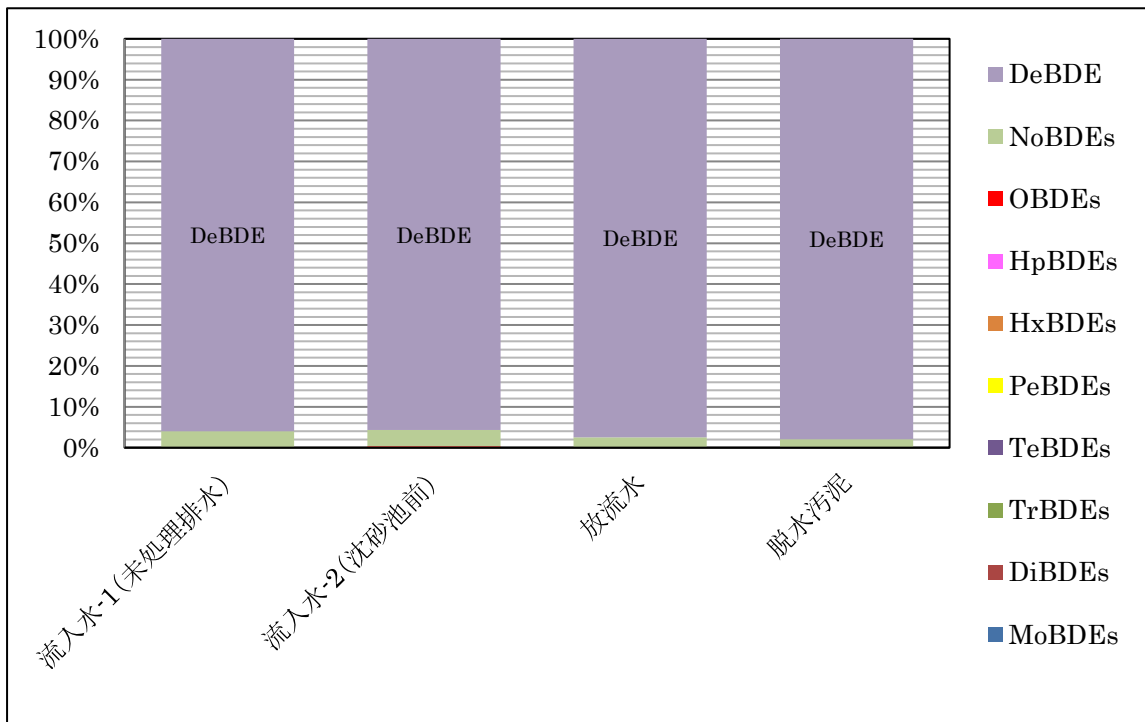


図 6-6 PBDEs 同族体組成（下水終末処理場）

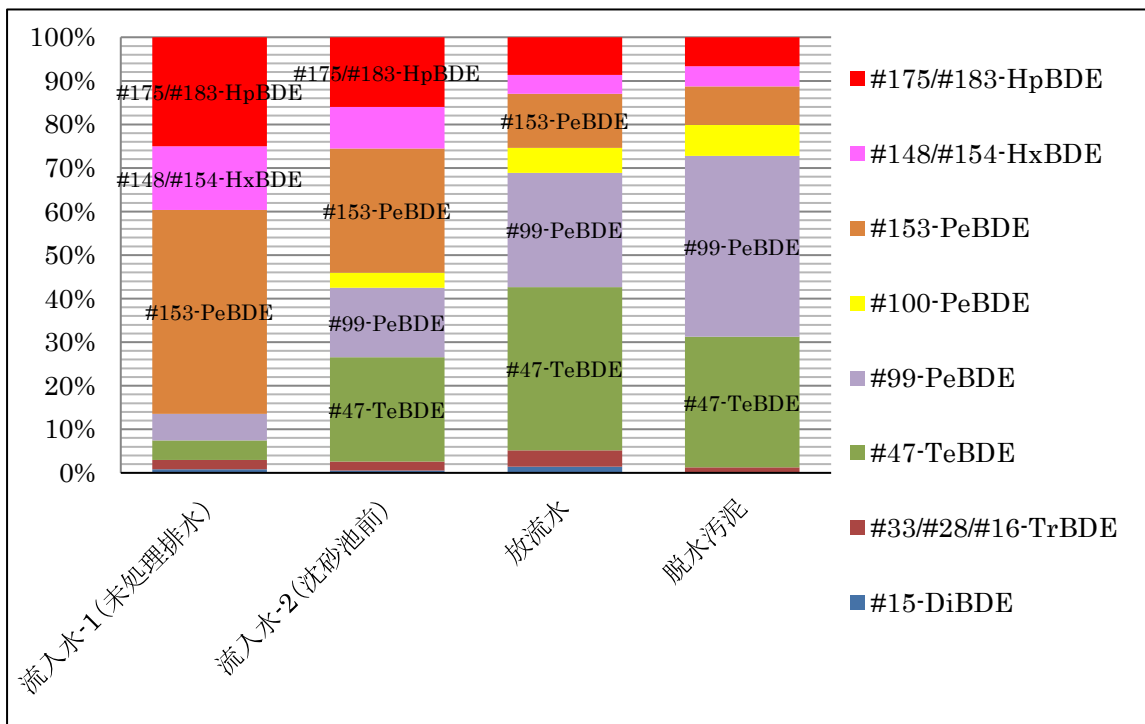


図 6-7 PBDEs 異性体組成（DeBDE 以外）（下水終末処理場）

d. TBBPA

TBBPA 実測濃度は、処理前の流入水-2(沈砂池前)6.4 ng/L、処理後の放流水 1.6 ng/L であった。過去の調査データと比較すると、ほぼ同程度の濃度レベルであった（表 6-4）。

e. HBCDs

HBCDs 実測濃度は、処理前の流入水-2(沈砂池前)28 ng/L、処理後の放流水 0.45 ng/L であった。過去の調査データと比較すると、ほぼ同程度の濃度レベルであった(表 6-4)。

f. PBPhs

PBPhs 実測濃度は、処理前の流入水-2(沈砂池前)380 ng/L、処理後の放流水 1.5 ng/L であった。過去の調査データと比較すると、ほぼ同程度の濃度レベルであった(表 6-4)。

PBPhs 異性体組成では、流入水では、2-MoBPh 及び 3/4-MoBPh が 80% 以上を占めていたが、活性汚泥処理後は、2,5/3,5-DiBPh 及び 2,4,6-TrBPh が主要な異性体であった(図 6-8)。

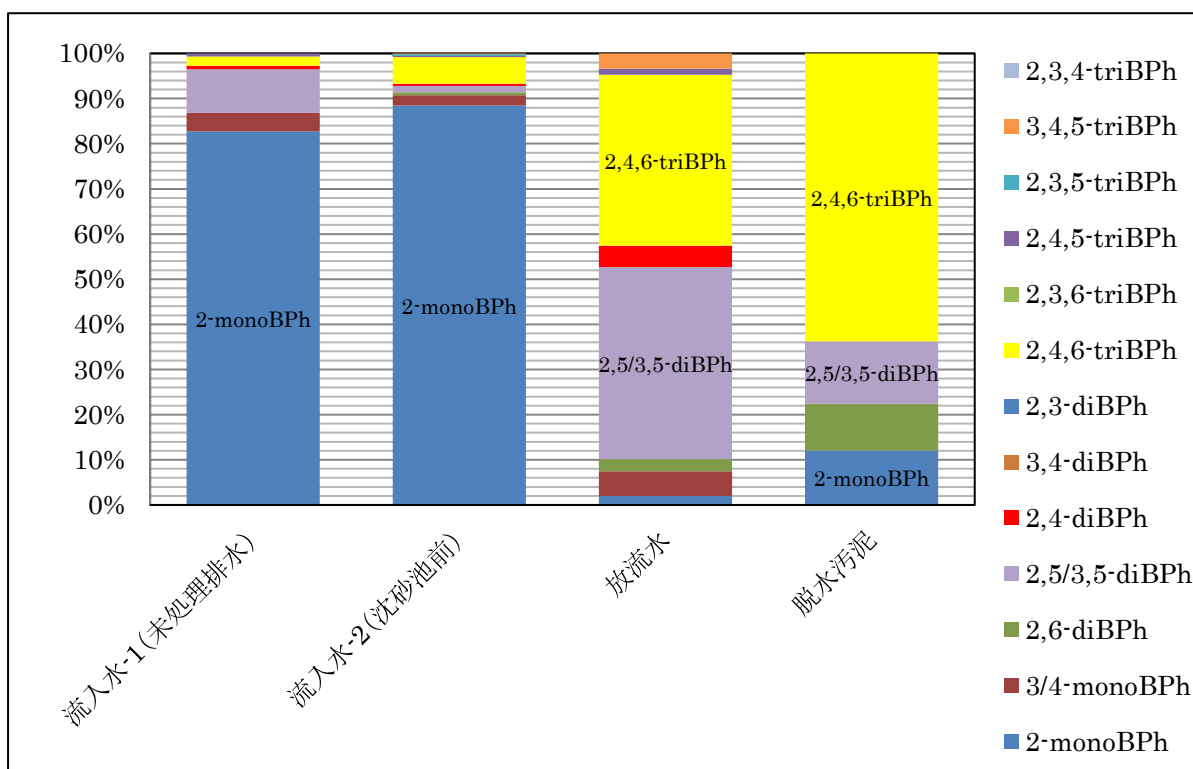


図 6-8 PBPhs 異性体組成 (Mo~TrBPh) (下水終末処理場)

(2) 汚泥

a. PBDD/Fs

汚泥中の PBDD/Fs 実測濃度は 0.84 ng/g-dry、毒性等量相当値 (ND=0) は 0.0021 ng-TEQ/g-dry であった。

本施設の過去の調査データと比較すると、2004 年度及び 2014 年度よりも 2 桁低い濃度あり、本施設以外の過去データと比較すると、同程度の濃度であった(表 6-5)。

表 6-5 下水終末処理場における脱水汚泥中の調査データ

	2004 年度 (B-3 施設)	2004 年度 (B-1 施設)	2004 年度 (B-2 施設)
PBDD/Fs 実測濃度 (ng/g-dry)	170	0.15	0.67
PBDD/Fs 毒性等量相当値 (ng-TEQ/g-dry)	0.29	0.011	0.0076
PCDD/Fs/Co-PCB 実測濃度 (ng/g-dry)	4.2	4.2	12
PCDD/Fs/Co-PCB 毒性等量値 (ng-TEQ/g-dry)	0.011	0.010	0.020
PBDEs 実測濃度 (ng/g-dry)	500,000	1,000	2,200
TBBPA 実測濃度 (ng/g-dry)	37	49	30
HBCDs 実測濃度 (ng/g-dry)	52,000	39	91
PBPhs 実測濃度 (ng/g-dry)	未測定	未測定	未測定
	2014 年度 (D 施設)	2014 年度 (E 施設)	2019 年度 (A 施設)
PBDD/Fs 実測濃度 (ng/g-dry)	560	0.59	0.84
PBDD/Fs 毒性等量相当値 (ng-TEQ/g-dry)	7.4	0.0013	0.0021
PCDD/Fs/Co-PCB 実測濃度 (ng/g-dry)	未測定	未測定	7.4
PCDD/Fs/Co-PCB 毒性等量値 (ng-TEQ/g-dry)	未測定	未測定	0.0053
PBDEs 実測濃度 (ng/g-dry)	670,000	15,000	16,000
TBBPA 実測濃度 (ng/g-dry)	21	39	19
HBCDs 実測濃度 (ng/g-dry)	23	14	9.6
PBPhs 実測濃度 (ng/g-dry)	7	8	5.9

b. PCDD/Fs 及び Co-PCB

PCDD/Fs 及び Co-PCB 実測濃度は 7.4 ng/g-dry、毒性等量値 (ND=0) は 0.0053 ng-TEQ/g-dry であった。

過去の 2004 年度調査データと比較すると、同程度の濃度レベルであった (表 6-5)。

c. PBDEs

汚泥中の PBDEs 実測濃度は 16,000 ng/g-dry であった。過去の調査データと比較すると、2004 年度及び 2014 年度よりも 1 桁低い濃度であった (表 6-5)。

d. TBBPA

汚泥中の TBBPA 実測濃度は 19 ng/g-dry であった。過去の調査データと比較すると、2004 年度及び 2014 年度とほぼ同程度の濃度レベルであつ

た（表 6-5）。

e. HBCDs

汚泥中の HBCDs 実測濃度は 9.6 ng/g-dry であった。過去の調査データと比較すると、2014 年度とほぼ同程度の濃度レベルであった（表 6-5）。

f. PBPhs

汚泥中の PBPhs 実測濃度は 5.9 ng/g-dry であった。過去の調査データと比較すると、2014 年度とほぼ同程度のレベルであった（表 6-5）。

(3) 考察

本施設では、排水は活性汚泥処理により処理されている。活性汚泥処理における除去率の比較を表 6-6 に示す。流入水と脱水汚泥の PBDD/Fs や PBDEs の同族体組成はほぼ類似しており、活性汚泥処理により排水中の SS 分が汚泥に濃縮移行していると考えられる。しかし、活性汚泥処理においては、最終沈砂池で汚泥分離された汚泥は、余剰汚泥を抜いた後、返送率約 80%で返送汚泥として、再び反応タンクに戻されている。今年度調査の流入水の PBDD/Fs 濃度に対して、放流水の PBDD/Fs 濃度の低減率が小さいことは、過去に使用した DeBDE 含有汚泥が下水処理場内で循環し、返送汚泥での影響を受けている可能性が示唆された。なお、脱水汚泥は、乾燥後、汚泥焼却炉により焼却処理され、ほぼ無害化されることは、2014 年度調査の時に確認されている。

未処理排水を下水道に直接排出するこの難燃繊維加工施設では以前 DeBDE を使用していたが、DeBDE は 2018 年 4 月から化審法による製造使用禁止の規制により、他の施設データと比較してやや PBDD/Fs 濃度レベルは高いものの、排水中の PBDD/Fs 濃度の大幅な低減が確認できた。

今回、過去に DeBDE を使用していた難燃繊維加工施設の排水及びそれらの未処理排水が流入する下水処理終末処理場の排水及び汚泥を一部調査した。同様な他の施設は未調査だが、他施設でも PBDD/Fs 濃度は低減していると予測され、これらの施設からの DeBDE 由来の PBDD/Fs 排出量も大きく減少していると思われる。

表 6-6 調査施設における活性汚泥処理における除去率（%）の比較

	PBDD/Fs 実測濃度	PBDD/Fs 毒性等量相当値	PBDEs 実測濃度	SS 濃度
2004 年度 (H16 年度)	89.2	96.5	96.3	96.0
2014 年度 (H26 年度)	99.3	98.4	98.5	98.5
2019 年度 (R1 年度)	47.2	85.4	97.0	96.8

6.2 製鋼用電気炉 (B 施設)

(1) 排出ガス

a. PBDD/Fs

PBDD/Fs 実測濃度は、直引集塵機出口の排ガス $0.11 \text{ ng/m}^3\text{N}$ 、建屋集塵機出口の排ガス $0.046 \text{ ng/m}^3\text{N}$ であり、毒性等量相当値 (ND=0) は、直引集塵機出口の排ガス $0.00008 \text{ ng-TEQ/m}^3\text{N}$ 、建屋集塵機出口の排ガス $0.00005 \text{ ng-TEQ/m}^3\text{N}$ であった。

排ガス中の PBDD/Fs 濃度レベルは、過去実施した他の施設の調査データと比較すると、セメント製造施設と同レベルであった (図 6-9)。

PBDD/Fs 同族体組成は、直引集塵機出口と建屋集塵機出口ではほぼ類似しており、他施設と同様に PBDDs よりも PBDFs の比率が高く、TeBDFs が主要な同族体であった (図 6-10)。PBDD/Fs 異性体組成は、1,2,3,4,6,7,8-HpBDF 及び OBDF が主要な異性体であった (図 6-11)。

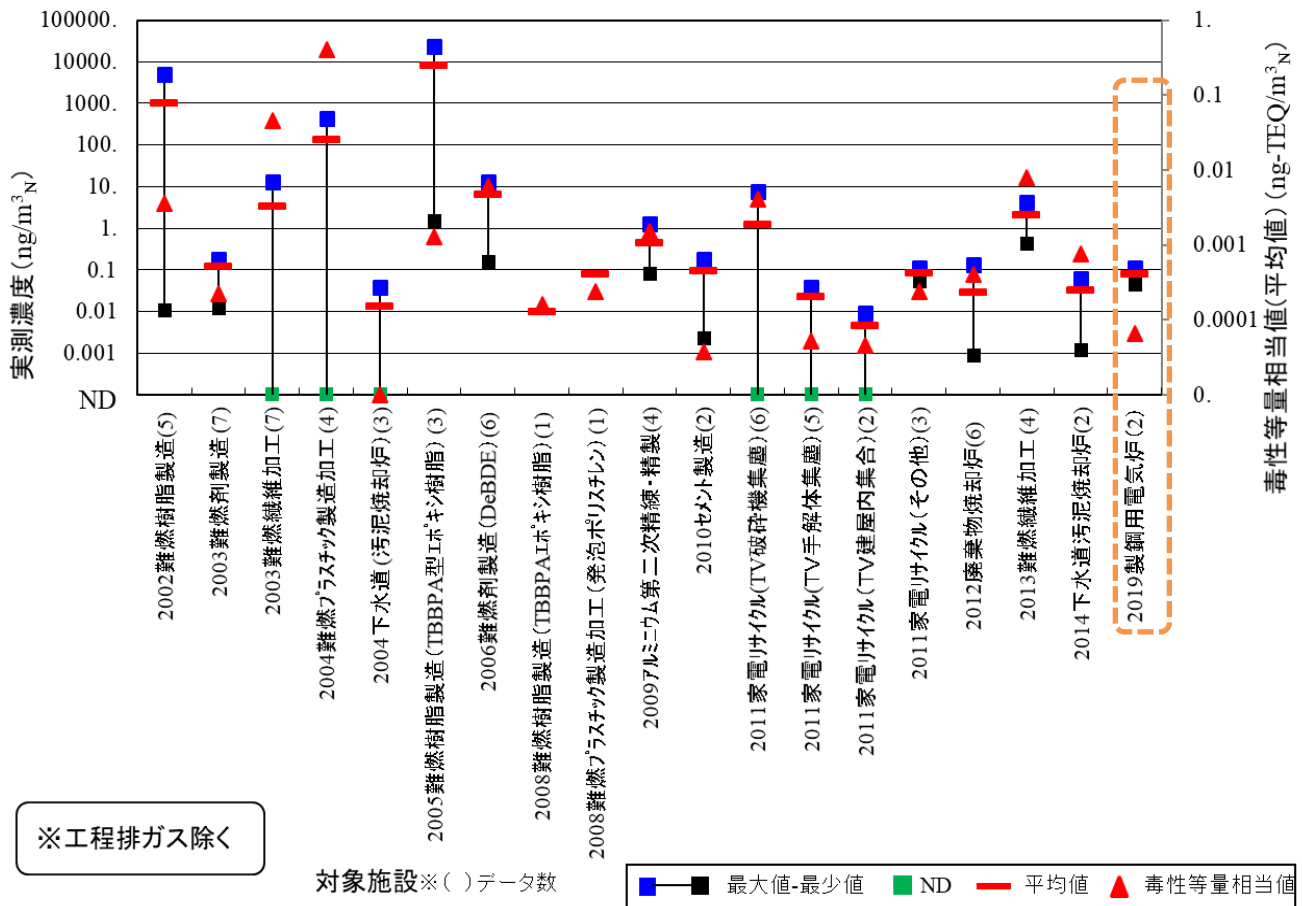


図 6-9 排ガスにおける PBDD/Fs 検出状況

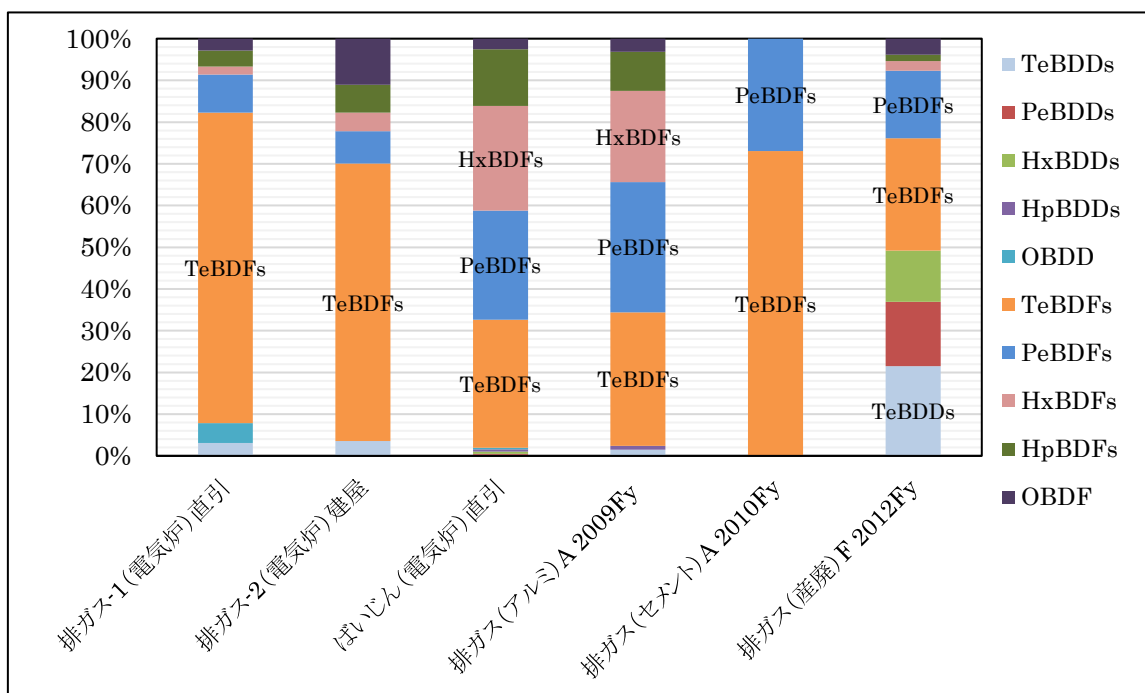


図 6-10 PBDD/Fs 同族体組成 (製鋼用電気炉)

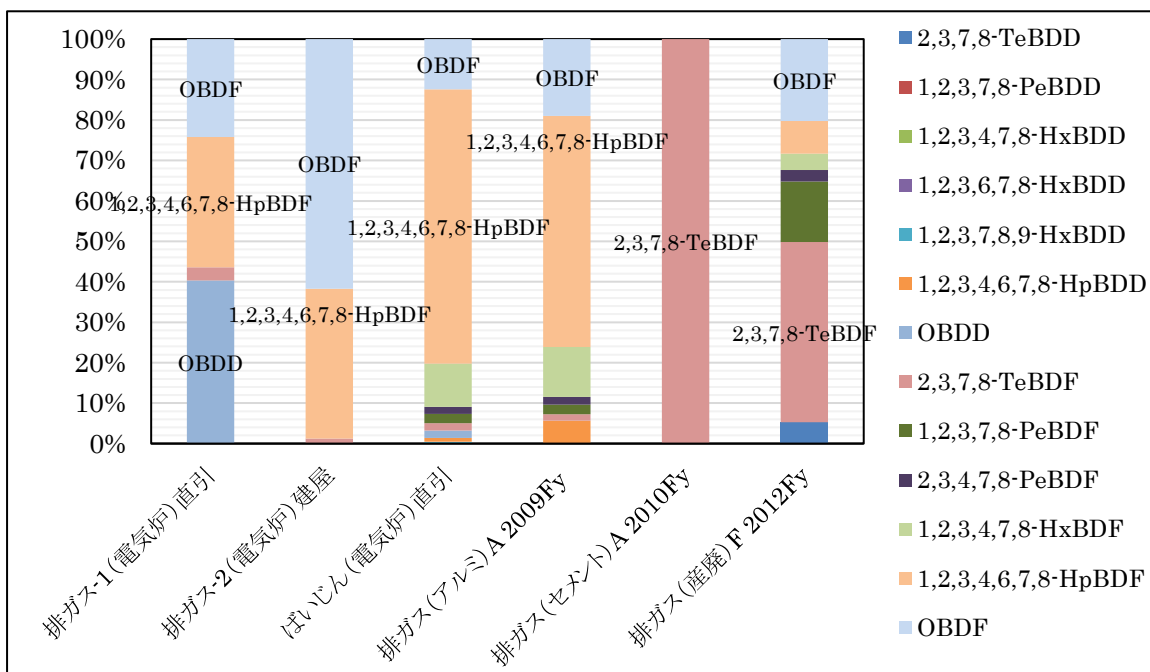


図 6-11 PBDD/Fs 異性体組成 (製鋼用電気炉)

b. PCDD/Fs 及び Co-PCB

PCDD/Fs 及び Co-PCB 実測濃度は、直引集塵機出口の排ガス $85 \text{ ng/m}^3_{\text{N}}$ 、建屋集塵機出口の排ガス $3.6 \text{ ng/m}^3_{\text{N}}$ であり、毒性等量値 (ND=0) は、直引集塵機出口の排ガス $0.53 \text{ ng-TEQ/m}^3_{\text{N}}$ 、建屋集塵機出口の排ガス $0.017 \text{ ng-TEQ/m}^3_{\text{N}}$ であった。

当該施設はダイオキシン類の特定施設であり、処理後の直引集塵機出口 ($0.13 \sim 0.93 \text{ ng-TEQ/m}^3_{\text{N}}$ (平均 $0.47 \text{ ng-TEQ/m}^3_{\text{N}}$)) 及び建屋集塵機出口 ($0.0014 \sim 0.15 \text{ ng-TEQ/m}^3_{\text{N}}$ (平均 $0.035 \text{ ng-TEQ/m}^3_{\text{N}}$)) の過去データ

5年間分と比較すると、同水準の濃度レベルであった。

c. PBDEs

PBDEs 実測濃度は、直引集塵機出口の排ガス $1.6 \text{ ng/m}^3\text{N}$ 、建屋集塵機出口の排ガス $3.3 \text{ ng/m}^3\text{N}$ であった。

PBDEs 同族体組成は、電気炉排ガスでは他の施設と同様に DeBDE が 4～6 割を占めていたが、電気炉ばいじんでは、他と異なり、OBDE~DeBDE が 6 割占め、低臭素化体の検出率も高かった（図 6-12）。

DeBDE 以外の PBDEs 異性体組成では、電気炉排ガスでは、#15-DiBDE、#33/#28/#16-TrBDE、#47-TeBDE の低臭素化体が主体であったが、電気炉ばいじんでは、#153-HxBDE や#175/#183-HpBDE の高臭素化体の比率が高かった（図 6-13）。

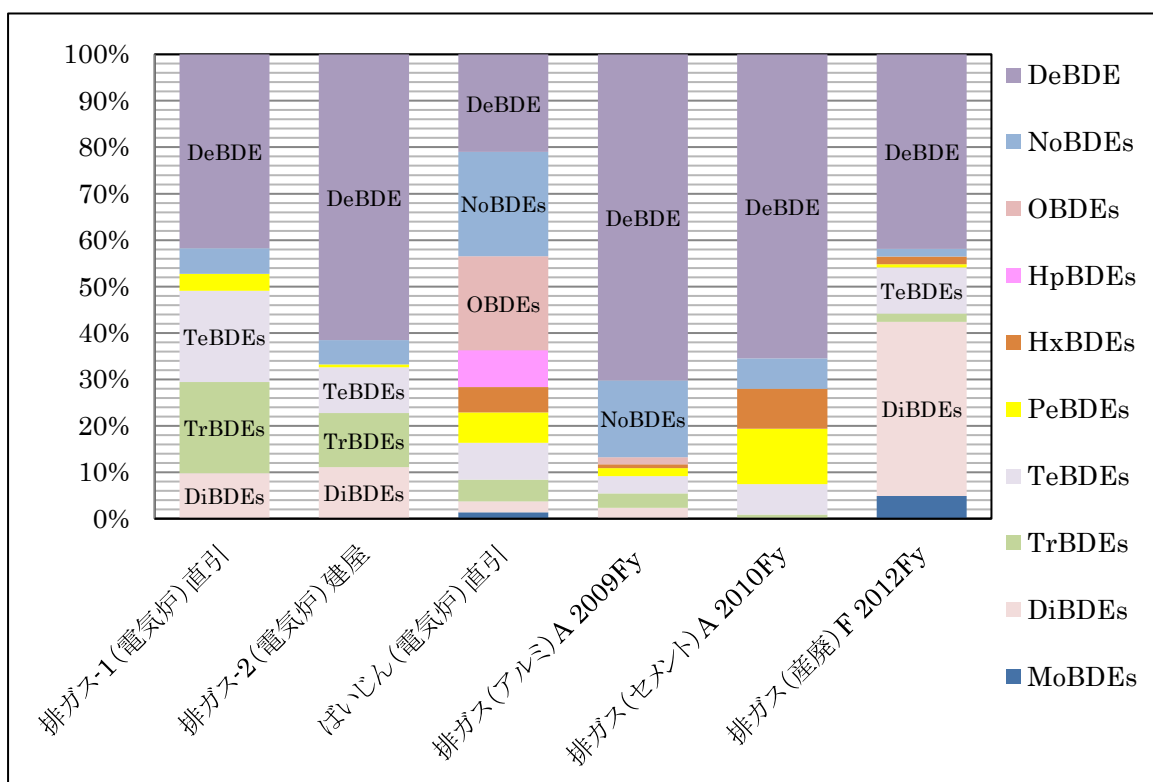


図 6-12 PBDEs 同族体組成（製鋼用電気炉）

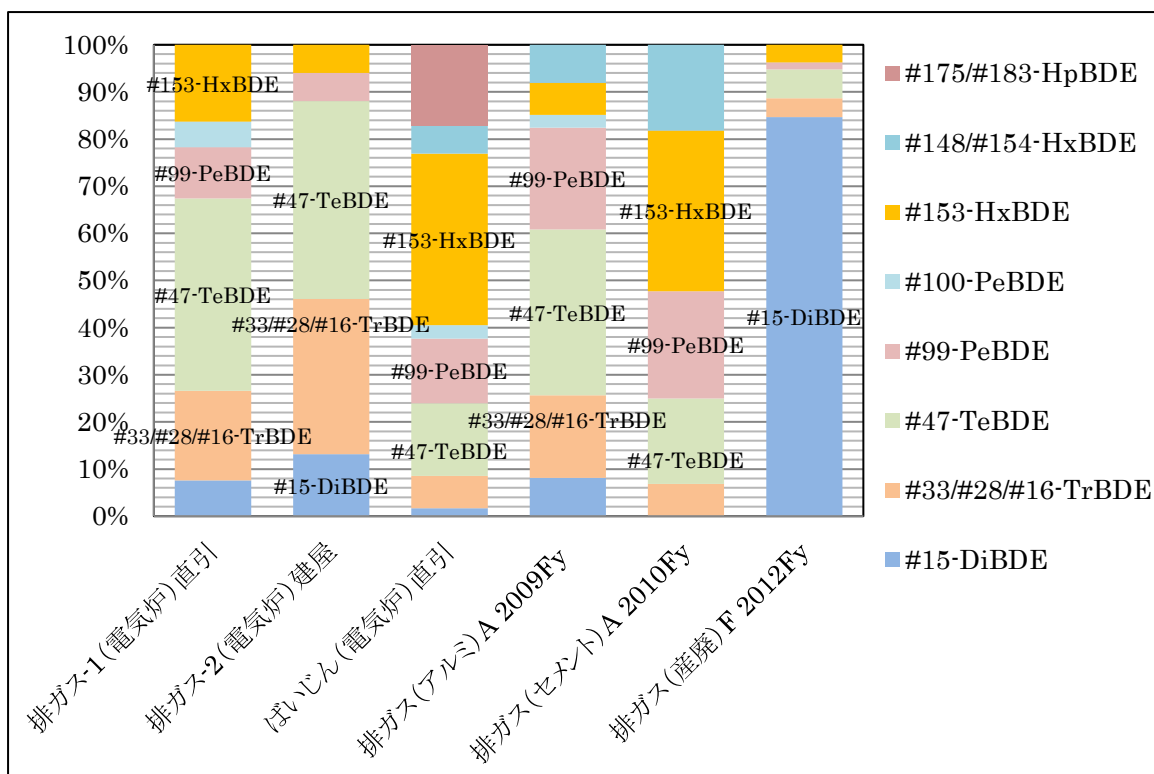


図 6-13 PBDEs 異性体組成 (製鋼用電気炉) (DeBDE 以外)

d. TBBPA

TBBPA 実測濃度は、直引集塵機出口の排ガス ND ng/m³_N、建屋集塵機出口の排ガス ND ng/m³_Nであった。

e. HBCDs

HBCDs 実測濃度は、直引集塵機出口の排ガス ND ng/m³_N、建屋集塵機出口の排ガス ND ng/m³_Nであった。

f. PBPhs

PBPhs 実測濃度は、直引集塵機出口の排ガス 210 ng/m³_N、建屋集塵機出口の排ガス 130 ng/m³_Nであった。

PBPhs 異性体組成 (Mo~TrBPh) は、低臭素化体の 2-MoBPh、3/4-MoBPh 及び 2,4-DiBPh が主要な異性体であった (図 6-14)。

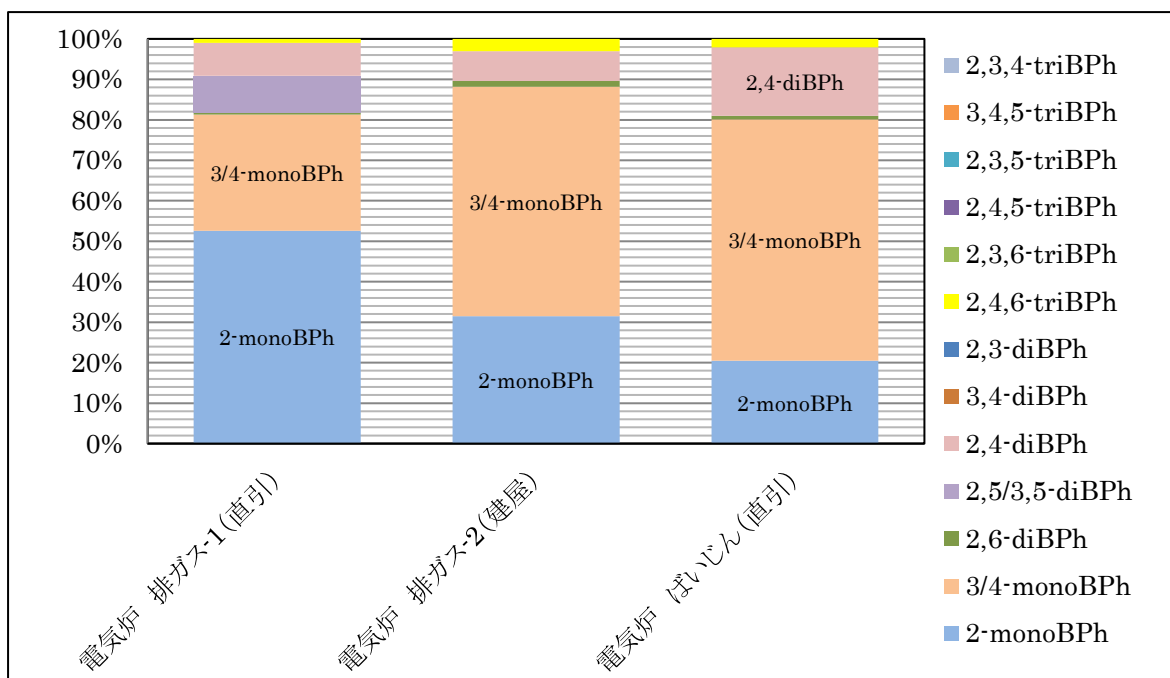


図 6-14 PBPhs 異性体組成 (製鋼用電気炉) (MoBPh~TrBPh)

(2) ばいじん

a. PBDD/Fs

PBDD/Fs 実測濃度は、直引集塵機のばいじん 8.8 ng/g-dry であり、毒性等量相当値 (ND=0) は、0.048 ng-TEQ/g-dry であった。

過年度調査における灰中の PBDD/Fs 濃度レベルを図 6-15 に示す。廃棄物焼却炉等の灰中の測定データはないが、毒性等量相当値で 3ng-TEQ/g-dry を上回る PBDD/Fs を含有する汚泥を焼却した下水汚泥焼却炉のデータよりも 1 桁高かった。

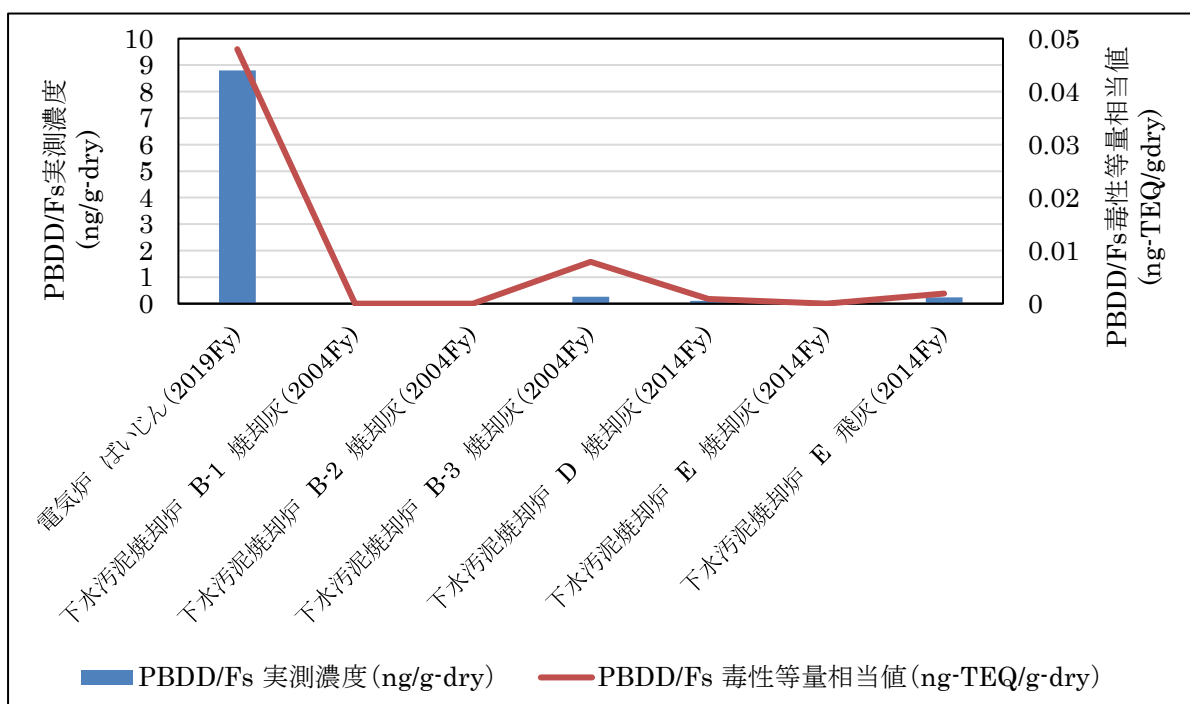


図 6-15 灰中の PBDD/Fs 濃度レベル

ばいじん中の PBDD/Fs 同族体組成は、PBDFs 主体であり、排ガスと比較すると、PeBDFs、HxBDFs、HpBDFs の比率が高かった（図 6-10）。ばいじん中の PBDD/Fs 異性体組成は、1,2,3,4,6,7,8-HpBDF が主要な異性体であった（図 6-11）。

b. PCDD/Fs 及び Co-PCB

PCDD/Fs 及び Co-PCB 実測濃度は、直引集塵機のばいじん 420 ng/g-dry であり、毒性等量値（ND=0）は、5.9 ng-TEQ/g-dry であった。

ダイオキシン類の特別管理産業廃棄物判定基準（3ng-TEQ/g-dry）を上回る濃度レベルであったが、施設内で生じるばいじんは中間処理後、最終処分場に適切に処分されていた。

c. PBDEs

PBDEs 実測濃度は、直引集塵機のばいじん 28 ng/g-dry であった。

ばいじん中の PBDEs 同族体組成は、排ガスと異なり、DeBDE の比率が低くなり、NoBDEs や OBDEs の比率が高かった。ばいじん中の異性体組成では、排ガスと異なり、#153-HxBDE や#175/#183-HpBDE の比率が高かった。

d. TBBPA

TBBPA 実測濃度は、直引集塵機のばいじん 4.9 ng/g-dry であった。

e. HBCDs

HBCDs 実測濃度は、直引集塵機のばいじん ND であった。

f. PBPhs

PBPhs 実測濃度は、直引集塵機のばいじん 1,100 ng/g-dry であった。

(3) 考察

今回の測定では、バグフィルタ処理前の排ガスを採取できなかったため、集塵機による処理効果は不明であるが、最終排ガスでは、塩素化ダイオキシン類濃度は排出基準（5ng-TEQ/m³N）内であり、PBDD/Fs 濃度も低濃度であったため、塩素化ダイオキシン類の排出抑制対策でも臭素系ダイオキシン類の排出抑制対策に十分に効果があると考えられる。バグフィルタによる集塵されたばいじんでは、塩素化ダイオキシン類は特別管理産業廃棄物判定基準（3 ng-TEQ/g）を超える濃度で検出されていたが、PBDD/Fs 濃度は排ガス同様に低かった。

調査した施設は 1 施設のみでデータ数が少ないが、製鋼用電気炉からの大気系への臭素系ダイオキシン類の排出は比較的少ないことが示唆された。

別表 - 1

調査結果(個別結果)

調査結果

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		
	流入水-1 (未処理排水)	流入水-2 (沈砂池前)	放流水
2, 3, 7, 8-TeBDD	ND	ND	ND
TeBDDs	1.7	1.1	0.07
1, 2, 3, 7, 8-PeBDD	ND	ND	ND
PeBDDs	ND	ND	ND
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxBDD	ND	ND	ND
1, 2, 3, 6, 7, 8-HxBDD	ND	ND	ND
1, 2, 3, 7, 8, 9-HxBDD	ND	ND	ND
HxBDDs	ND	ND	ND
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpBDD	ND	ND	ND
HpBDDs	ND	ND	ND
OBDD	21	10	0.3
Total PBDDs	23	11	0.4
2, 3, 7, 8-TeBDF	0.6	0.4	0.016
TeBDFs	19	14	0.39
1, 2, 3, 7, 8-PeBDF	0.8	2.2	ND
2, 3, 4, 7, 8-PeBDF	ND	ND	ND
PeBDFs	29	16	0.30
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxBDF	7	2	0.07
HxBDFs	88	35	1.1
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpBDF	300	95	12
HpBDFs	300	95	12
OBDF	780	190	180
Total PBDFs	1200	350	190
Total (PBDDs+PBDFs)	1200	360	190

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		
	流入水-1 (未処理排水)	流入水-2 (沈砂池前)	放流水
2, 3, 7, 8-TeBDD	0.05	0.05	0.002
1, 2, 3, 7, 8-PeBDD	0.15	0.15	0.005
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxBDD	0.1	0.1	0.003
1, 2, 3, 6, 7, 8-HxBDD	0.1	0.1	0.0035
1, 2, 3, 7, 8, 9-HxBDD	0.05	0.05	0.0025
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpBDD	0.005	0.005	0.0002
OBDD	0.0063	0.0030	0.00010
2, 3, 7, 8-TeBDF	0.06	0.04	0.0016
1, 2, 3, 7, 8-PeBDF	0.024	0.066	0.0003
2, 3, 4, 7, 8-PeBDF	0.09	0.09	0.003
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxBDF	0.7	0.2	0.007
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpBDF	3.0	0.95	0.12
OBDF	0.23	0.057	0.053
Total TEQ (下限×1/2)	4.5	1.8	0.20
Total TEQ (ND=0)	4.0	1.3	0.19

* 毒性等量相当値は、WHO-TEF(2006)によるPCDD/FsのTEFに準じて算出した参考値である。

* 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 排水水中のPCDD/Fs・Co-PCB分析結果(実測濃度) (pg/L)

物質名		A 施設		
		流入水-1 (未処理排水)	流入水-2 (沈砂池前)	放流水
PCDDs	2, 3, 7, 8-TeCDD	ND	ND	ND
	TeCDDs	0.4	3.6	ND
	1, 2, 3, 7, 8-PeCDD	ND	ND	ND
	PeCDDs	0.2	0.9	ND
	1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDD	ND	ND	ND
	1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDD	ND	ND	ND
	1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDD	ND	ND	ND
	HxCDDs	1.2	1.9	0.2
	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD	0.7	1.9	ND
	HpCDDs	1.8	4.2	0.2
	OCDD	3.3	17	1.4
	Total PCDDs	6.9	28	1.8
PCDFs	2, 3, 7, 8-TeCDF	ND	ND	ND
	TeCDFs	ND	1.7	ND
	1, 2, 3, 7, 8-PeCDF	ND	ND	ND
	2, 3, 4, 7, 8-PeCDF	ND	ND	ND
	PeCDFs	13	11	ND
	1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDF	ND	ND	ND
	1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDF	ND	ND	ND
	1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDF	ND	ND	ND
	2, 3, 4, 6, 7, 8+1, 2, 3, 6, 8, 9-HxCDF	3.4	2.1	ND
	HxCDFs	3.7	2.8	ND
	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDF	ND	ND	ND
	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9-HpCDF	ND	ND	ND
	HpCDFs	ND	ND	ND
	OCDF	2.2	4.5	ND
Total PCDFs	19	20	ND	
Total PCDD/Fs		26	48	1.8
Co-PCB	3, 4, 4', 5-TeCB(#81)	0.16	0.30	ND
	3, 3', 4, 4'-TeCB(#77)	4.5	8.0	1.1
	3, 3', 4, 4', 5-PeCB(#126)	0.2	ND	ND
	3, 3', 4, 4', 5, 5'-HxCB(#169)	ND	0.11	ND
	Total non-ortho CBs	4.8	8.4	1.1
	2', 3, 4, 4', 5-PeCB(#123)	0.74	1.4	0.34
	2, 3', 4, 4', 5-PeCB(#118)	29	67	13
	2, 3, 3', 4, 4'-PeCB(#105)	11	29	3.9
	2, 3, 4, 4', 5-PeCB(#114)	0.87	2.4	0.33
	2, 3', 4, 4', 5, 5'-HxCB(#167)	0.7	3.6	0.5
	2, 3, 3', 4, 4', 5-HxCB(#156)	1.7	10	1.4
	2, 3, 3', 4, 4', 5'-HxCB(#157)	0.43	2.4	0.36
	2, 3, 3', 4, 4', 5, 5'-HpCB(#189)	ND	0.63	0.06
	Total mono-ortho CBs	45	120	20
Total Co-PCB		50	130	21
Total PCDD/Fs・Co-PCB		76	170	22
毒性等量 (pg-TEQ/L)	Total PCDD/Fs	0.35	0.24	0.00041
	Total Co-PCB	0.018	0.0077	0.00069
	Total PCDD/Fs・Co-PCB	0.37	0.24	0.0011

*毒性等量は、検出下限未満を「0」として算出した値である。

表 4 排出水中のPBDEs分析結果(実測濃度) (ng/L)

物質名	A 施設		
	流入水-1 (未処理排水)	流入水-2 (沈砂池前)	放流水
MoBDEs	ND	ND	ND
4, 4'-DiBDE (#15)	0.017	0.005	0.0005
DiBDEs	0.062	0.013	0.0009
2', 3, 4/2, 4, 4'/2, 2', 3-TrBDE (#33/#28/#16)	0.045	0.018	0.0013
TrBDEs	0.25	0.061	0.0021
2, 2', 4, 4'-TeBDE (#47)	0.095	0.21	0.013
TeBDEs	0.59	0.32	0.014
2, 2', 4, 4', 5-PeBDE (#99)	0.13	0.14	0.0091
2, 2', 4, 4', 6-PeBDE (#100)	ND	0.030	0.0019
PeBDEs	0.61	0.27	0.012
2, 2', 4, 4', 5, 5'-HxBDE (#153)	0.99	0.25	0.0043
2, 2', 4, 4', 5, 6'-HxBDE (#154)	0.31	0.084	0.0015
HxBDEs	1.7	0.46	0.006
2, 2', 3, 3', 4, 5', 6/2, 2', 3, 4, 4', 5', 6-HpBDE (#175/#183)	0.53	0.14	0.003
HpBDEs	1.0	0.29	0.004
OBDEs	22	19	0.16
NoBDEs	680	260	4.4
DeBDE	17000	6200	180
Total PBDEs	17000	6400	190

表 5 排出水中のHBCDs, TBBPA及びPBPhs分析結果(実測濃度) (ng/L)

物質名	A 施設		
	流入水-1 (未処理排水)	流入水-2 (沈砂池前)	放流水
α -HBCD	78	13	0.19
β -HBCD	18	ND	ND
γ -HBCD	230	15	0.26
Total HBCDs	330	28	0.45
TBBPA	15	6.4	1.6
2-MoBPh	120	330	0.03
3/4-MoBPh	5.9	8.5	0.08
MoBPhs	120	340	0.12
2, 6-DiBPh	ND	2.5	0.04
2, 5/3, 5-DiBPh	14	5.2	0.63
2, 4-DiBPh	1.1	1.8	0.07
3, 4-DiBPh	ND	ND	ND
2, 3-DiBPh	ND	ND	ND
DiBPhs	15	9.4	0.74
2, 4, 6-TrBPh	3	22	0.56
2, 3, 6-TrBPh	ND	ND	ND
2, 4, 5-TrBPh	1	1.1	0.02
2, 3, 5-TrBPh	ND	1.4	ND
3, 4, 5-TrBPh	ND	0.6	0.05
2, 3, 4-TrBPh	ND	ND	ND
TrBPhs	4	25	0.63
2, 3, 4, 5-TeBPh	ND	0.6	ND
2, 3, 4, 6-TeBPh	ND	0.5	ND
2, 3, 5, 6-TeBPh	ND	ND	0.02
TeBPhs	ND	1.1	0.02
2, 3, 4, 5, 6-PeBPh	ND	ND	ND
Total PBPhs	140	380	1.5

②汚泥

表 6 汚泥中のPBDD/Fs分析結果(実測濃度) (ng/g-dry)

物質名	A 施設
	脱水汚泥
2, 3, 7, 8-TeBDD	ND
TeBDDs	0. 0048
1, 2, 3, 7, 8-PeBDD	ND
PeBDDs	0. 0008
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	0. 023
Total PBDDs	0. 029
2, 3, 7, 8-TeBDF	0. 0006
TeBDFs	0. 029
1, 2, 3, 7, 8-PeBDF	0. 0008
2, 3, 4, 7, 8-PeBDF	ND
PeBDFs	0. 028
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxBDF	0. 002
HxBDFs	0. 053
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpBDF	0. 16
HpBDFs	0. 16
OBDF	0. 53
Total PBDFs	0. 81
Total (PBDDs+PBDFs)	0. 84

表 7 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
	脱水汚泥
2, 3, 7, 8-TeBDD	0. 00005
1, 2, 3, 7, 8-PeBDD	0. 00015
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxBDD	0. 00005
1, 2, 3, 6, 7, 8-HxBDD	0. 0001
1, 2, 3, 7, 8, 9-HxBDD	0. 00005
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpBDD	0. 000005
OBDD	0. 0000069
2, 3, 7, 8-TeBDF	0. 00006
1, 2, 3, 7, 8-PeBDF	0. 000025
2, 3, 4, 7, 8-PeBDF	0. 00009
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxBDF	0. 0002
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpBDF	0. 0016
OBDF	0. 00016
Total TEQ (下限×1/2)	0. 0026
Total TEQ (ND=0)	0. 0021

* 毒性等量相当値は、WHO-TEF(2006)によるPCDD/FsのTEFに準じて算出した参考値である。

* 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 8 汚泥中のPCDD/Fs・Co-PCB分析結果(実測濃度) (ng/g-dry)

物質名		A 施設
		脱水汚泥
PCDDs	2, 3, 7, 8-TeCDD	ND
	TeCDDs	0.020
	1, 2, 3, 7, 8-PeCDD	0.0008
	PeCDDs	0.015
	1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDD	ND
	1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDD	0.001
	1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDD	0.0012
	HxCDDs	0.020
	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD	0.022
	HpCDDs	0.047
	OCDD	0.31
	Total PCDDs	0.41
	PCDFs	2, 3, 7, 8-TeCDF
TeCDFs		0.057
1, 2, 3, 7, 8-PeCDF		0.0048
2, 3, 4, 7, 8-PeCDF		0.0025
PeCDFs		0.054
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDF		0.0029
1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDF		0.0027
1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDF		ND
2, 3, 4, 6, 7, 8+1, 2, 3, 6, 8, 9-HxCDF		0.0053
HxCDFs		0.029
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDF		0.011
1, 2, 3, 4, 7, 8, 9-HpCDF		ND
HpCDFs		0.018
OCDF		0.012
Total PCDFs	0.17	
Total PCDD/Fs		0.58
Co-PCB	3, 4, 4', 5-TeCB(#81)	0.0071
	3, 3', 4, 4'-TeCB(#77)	0.21
	3, 3', 4, 4', 5-PeCB(#126)	0.013
	3, 3', 4, 4', 5, 5'-HxCB(#169)	0.0012
	Total non-ortho CBs	0.23
	2', 3, 4, 4', 5-PeCB(#123)	0.067
	2, 3', 4, 4', 5-PeCB(#118)	4.0
	2, 3, 3', 4, 4'-PeCB(#105)	1.5
	2, 3, 4, 4', 5-PeCB(#114)	0.089
	2, 3', 4, 4', 5, 5'-HxCB(#167)	0.22
	2, 3, 3', 4, 4', 5-HxCB(#156)	0.59
	2, 3, 3', 4, 4', 5'-HxCB(#157)	0.15
	2, 3, 3', 4, 4', 5, 5'-HpCB(#189)	0.026
	Total mono-ortho CBs	6.6
Total Co-PCB		6.9
Total PCDD/Fs・Co-PCB		7.4
毒性等量 (ng-TEQ/g-dry)	Total PCDD/Fs	0.0038
	Total Co-PCB	0.0016
	Total PCDD/Fs・Co-PCB	0.0053

*毒性等量は、検出下限未満を「0」として算出した値である。

表 9 汚泥中のPBDEs分析結果(実測濃度) (ng/g-dry)

物質名	A 施設
	脱水汚泥
MoBDEs	ND
4, 4'-DiBDE (#15)	0.008
DiBDEs	0.013
2', 3, 4/2, 4, 4'/2, 2', 3-TrBDE (#33/#28/#16)	0.047
TrBDEs	0.12
2, 2', 4, 4'-TeBDE (#47)	1.3
TeBDEs	1.5
2, 2', 4, 4', 5-PeBDE (#99)	1.8
2, 2', 4, 4', 6-PeBDE (#100)	0.31
PeBDEs	2.3
2, 2', 4, 4', 5, 5'-HxBDE (#153)	0.38
2, 2', 4, 4', 5, 6'-HxBDE (#154)	0.20
HxBDEs	0.76
2, 2', 3, 3', 4, 5', 6/2, 2', 3, 4, 4', 5', 6-HpBDE (#175/#183)	0.29
HpBDEs	0.60
OBDEs	6.5
NoBDEs	330
DeBDE	16000
Total PBDEs	16000

表 10 汚泥中のHBCDs, TBBPA及びPBPhs分析結果(実測濃度) (ng/g-dry)

物質名	A 施設
	脱水汚泥
α -HBCD	9.6
β -HBCD	ND
γ -HBCD	ND
Total HBCDs	9.6
TBBPA	19
2-MoBPh	0.7
3/4-MoBPh	ND
MoBPhs	0.7
2, 6-DiBPh	0.6
2, 5/3, 5-DiBPh	0.8
2, 4-DiBPh	ND
3, 4-DiBPh	ND
2, 3-DiBPh	ND
DiBPhs	1.5
2, 4, 6-TrBPh	3.7
2, 3, 6-TrBPh	ND
2, 4, 5-TrBPh	ND
2, 3, 5-TrBPh	ND
3, 4, 5-TrBPh	ND
2, 3, 4-TrBPh	ND
TrBPhs	3.7
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	5.9

③排出ガス

表 11 排出ガス中のPBDD/Fs分析結果(実測濃度) (ng/m³)

物質名	B 施設	
	排ガス (直引集塵機 出口)	排ガス (建屋集塵機 出口)
2, 3, 7, 8-TeBDD	ND	ND
TeBDDs	0.0032	0.0016
1, 2, 3, 7, 8-PeBDD	ND	ND
PeBDDs	ND	0.0005
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	ND
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpBDD	ND	ND
HpBDDs	ND	ND
OBDD	0.005	ND
Total PBDDs	0.009	0.0021
2, 3, 7, 8-TeBDF	0.0004	0.0001
TeBDFs	0.078	0.030
1, 2, 3, 7, 8-PeBDF	ND	ND
2, 3, 4, 7, 8-PeBDF	ND	ND
PeBDFs	0.0096	0.0035
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxBDF	ND	ND
HxBDFs	0.002	0.002
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpBDF	0.004	0.003
HpBDFs	0.004	0.003
OBDF	0.003	0.005
Total PBDFs	0.097	0.044
Total (PBDDs+PBDFs)	0.11	0.046

表 12 排出ガス中のPBDD/Fs分析結果(毒性等量相当値) (ng-TEQ/m³)

物質名	B 施設	
	排ガス (直引集塵機 出口)	排ガス (建屋集塵機 出口)
2, 3, 7, 8-TeBDD	0.00005	0.000045
1, 2, 3, 7, 8-PeBDD	0.00015	0.00015
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxBDD	0.00005	0.00005
1, 2, 3, 6, 7, 8-HxBDD	0.0001	0.0001
1, 2, 3, 7, 8, 9-HxBDD	0.00005	0.00005
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpBDD	0.000005	0.000005
OBDD	0.0000016	0.00000045
2, 3, 7, 8-TeBDF	0.00004	0.00001
1, 2, 3, 7, 8-PeBDF	0.0000075	0.000006
2, 3, 4, 7, 8-PeBDF	0.00009	0.000075
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxBDF	0.00005	0.00005
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpBDF	0.00004	0.00003
OBDF	0.0000010	0.0000016
Total TEQ (下限×1/2)	0.00063	0.00058
Total TEQ (ND=0)	0.00008	0.00005

* 毒性等量相当値は、WHO-TEF(2006)によるPCDD/FsのTEFに準じて算出した参考値である。

* 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 13 排出ガス中のPCDD/Fs・Co-PCB分析結果(実測濃度) (ng/m³)

物質名		B 施設	
		排ガス (直引集塵機 出口)	排ガス (建屋集塵機 出口)
PCDDs	2, 3, 7, 8-TeCDD	0.074	0.001
	TeCDDs	10	0.56
	1, 2, 3, 7, 8-PeCDD	0.11	0.0017
	PeCDDs	4.6	0.086
	1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDD	0.023	0.0011
	1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDD	0.069	0.0015
	1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDD	0.057	0.0016
	HxCDDs	1.1	0.028
	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD	0.068	0.0085
	HpCDDs	0.14	0.018
	OCDD	0.038	0.009
	Total PCDDs	16	0.70
	PCDFs	2, 3, 7, 8-TeCDF	0.56
TeCDFs		44	1.1
1, 2, 3, 7, 8-PeCDF		0.48	0.010
2, 3, 4, 7, 8-PeCDF		0.38	0.0088
PeCDFs		16	0.29
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDF		0.22	0.0094
1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDF		0.22	0.012
1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDF		0.012	0.0015
2, 3, 4, 6, 7, 8+1, 2, 3, 6, 8, 9-HxCDF		0.19	0.022
HxCDFs		2.7	0.13
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDF		0.14	0.060
1, 2, 3, 4, 7, 8, 9-HpCDF		0.025	0.016
HpCDFs		0.28	0.12
OCDF		0.051	0.038
Total PCDFs	63	1.7	
Total PCDD/Fs		79	2.4
Co-PCB	3, 4, 4', 5-TeCB(#81)	0.63	0.027
	3, 3', 4, 4'-TeCB(#77)	1.2	0.14
	3, 3', 4, 4', 5-PeCB(#126)	0.76	0.027
	3, 3', 4, 4', 5, 5'-HxCB(#169)	0.098	0.0030
	Total non-ortho CBs	2.7	0.20
	2', 3, 4, 4', 5-PeCB(#123)	0.21	0.020
	2, 3', 4, 4', 5-PeCB(#118)	1.0	0.58
	2, 3, 3', 4, 4'-PeCB(#105)	0.84	0.26
	2, 3, 4, 4', 5-PeCB(#114)	0.34	0.030
	2, 3', 4, 4', 5, 5'-HxCB(#167)	0.21	0.023
	2, 3, 3', 4, 4', 5-HxCB(#156)	0.51	0.049
	2, 3, 3', 4, 4', 5'-HxCB(#157)	0.24	0.014
	2, 3, 3', 4, 4', 5, 5'-HpCB(#189)	0.17	0.0062
	Total mono-ortho CBs	3.6	0.99
	Total Co-PCB		6.2
Total PCDD/Fs・Co-PCB		85	3.6
毒性等量 (ng-TEQ/m ³)	Total PCDD/Fs	0.45	0.014
	Total Co-PCB	0.080	0.0029
	Total PCDD/Fs・ Co-PCB	0.53	0.017

* 毒性等量は、検出下限未満を「0」として算出した値である。

表 14 排出ガス中のPBDEs分析結果(実測濃度) (ng/m³)

物質名	B 施設	
	排ガス (直引集塵機 出口)	排ガス (建屋集塵機 出口)
MoBDEs	ND	ND
4, 4' -DiBDE (#15)	0.028	0.044
DiBDEs	0.16	0.36
2', 3, 4/2, 4, 4' /2, 2', 3-TrBDE (#33/#28/#16)	0.07	0.11
TrBDEs	0.32	0.38
2, 2', 4, 4' -TeBDE (#47)	0.15	0.14
TeBDEs	0.32	0.32
2, 2', 4, 4', 5-PeBDE (#99)	0.04	0.02
2, 2', 4, 4', 6-PeBDE (#100)	0.02	ND
PeBDEs	0.06	0.02
2, 2', 4, 4', 5, 5' -HxBDE (#153)	ND	ND
2, 2', 4, 4', 5, 6' -HxBDE (#154)	ND	ND
HxBDEs	ND	ND
2, 2', 3, 3', 4, 5', 6/2, 2', 3, 4, 4', 5', 6-HpBDE (#175/#183)	ND	ND
HpBDEs	ND	ND
OBDEs	ND	ND
NoBDEs	0.09	0.17
DeBDE	0.68	2.0
Total PBDEs	1.6	3.3

表 15 排出ガス中のHBCDs, TBBPA及びPBPhs分析結果(実測濃度) (ng/m³)

物質名	A 施設	
	排ガス (直引集塵機 出口)	排ガス (建屋集塵機 出口)
α -HBCD	ND	ND
β -HBCD	ND	ND
γ -HBCD	ND	ND
Total HBCDs	ND	ND
TBBPA	ND	ND
2-MoBPh	110	40
3/4-MoBPh	60	72
MoBPhs	170	110
2, 6-DiBPh	1	1.8
2, 5/3, 5-DiBPh	19	ND
2, 4-DiBPh	17	9.4
3, 4-DiBPh	ND	ND
2, 3-DiBPh	ND	ND
DiBPhs	38	11
2, 4, 6-TrBPh	2	3.8
2, 3, 6-TrBPh	ND	ND
2, 4, 5-TrBPh	ND	ND
2, 3, 5-TrBPh	ND	ND
3, 4, 5-TrBPh	ND	ND
2, 3, 4-TrBPh	ND	ND
TrBPhs	2	3.8
2, 3, 4, 5-TeBPh	ND	ND
2, 3, 4, 6-TeBPh	ND	ND
2, 3, 5, 6-TeBPh	ND	ND
TeBPhs	ND	ND
2, 3, 4, 5, 6-PeBPh	ND	ND
Total PBPhs	210	130

④ばいじん

表 16 灰中のPBDD/Fs分析結果(実測濃度) (ng/g-dry)

物質名	B 施設
	ばいじん (直引集塵機)
2, 3, 7, 8-TeBDD	ND
TeBDDs	0.025
1, 2, 3, 7, 8-PeBDD	0.0021
PeBDDs	0.019
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxBDD	0.0012
1, 2, 3, 6, 7, 8-HxBDD	0.0021
1, 2, 3, 7, 8, 9-HxBDD	0.0022
HxBDDs	0.047
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpBDD	0.017
HpBDDs	0.046
OBDD	0.032
Total PBDDs	0.17
2, 3, 7, 8-TeBDF	0.033
TeBDFs	2.7
1, 2, 3, 7, 8-PeBDF	0.040
2, 3, 4, 7, 8-PeBDF	0.031
PeBDFs	2.3
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxBDF	0.19
HxBDFs	2.2
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpBDF	1.2
HpBDFs	1.2
OBDF	0.22
Total PBDFs	8.7
Total (PBDDs+PBDFs)	8.8

表- 17 汚泥中のPBDD/Fs分析結果(毒性等量相当値) (ng-TEQ/g-dry)

物質名	B 施設
	ばいじん (直引集塵機)
2, 3, 7, 8-TeBDD	0.00002
1, 2, 3, 7, 8-PeBDD	0.0021
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxBDD	0.00012
1, 2, 3, 6, 7, 8-HxBDD	0.00021
1, 2, 3, 7, 8, 9-HxBDD	0.00022
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpBDD	0.00017
OBDD	0.0000096
2, 3, 7, 8-TeBDF	0.0033
1, 2, 3, 7, 8-PeBDF	0.0012
2, 3, 4, 7, 8-PeBDF	0.0093
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxBDF	0.019
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpBDF	0.012
OBDF	0.000065
Total TEQ (下限×1/2)	0.048
Total TEQ (ND=0)	0.048

* 毒性等量相当値は、WHO-TEF(2006)によるPCDD/FsのTEFに準じて算出した参考値である。

* 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 18 灰中のPCDD/Fs・Co-PCB分析結果(実測濃度) (ng/g-dry)

物質名		B 施設
		ばいじん (直引集塵機)
PCDDs	2, 3, 7, 8-TeCDD	0.20
	TeCDDs	19
	1, 2, 3, 7, 8-PeCDD	1.1
	PeCDDs	32
	1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDD	1.1
	1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDD	3.5
	1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDD	3.5
	HxCDDs	43
	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD	18
	HpCDDs	34
	OCDD	20
	Total PCDDs	150
PCDFs	2, 3, 7, 8-TeCDF	1.1
	TeCDFs	73
	1, 2, 3, 7, 8-PeCDF	2.7
	2, 3, 4, 7, 8-PeCDF	3.7
	PeCDFs	71
	1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDF	5.1
	1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDF	5.5
	1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDF	0.55
	2, 3, 4, 6, 7, 8+1, 2, 3, 6, 8, 9-HxCDF	7.3
	HxCDFs	59
	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDF	18
	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9-HpCDF	5.0
	HpCDFs	39
	OCDF	24
Total PCDFs	270	
Total PCDD/Fs		410
Co-PCB	3, 4, 4', 5-TeCB(#81)	0.80
	3, 3', 4, 4'-TeCB(#77)	1.6
	3, 3', 4, 4', 5-PeCB(#126)	1.6
	3, 3', 4, 4', 5, 5'-HxCB(#169)	0.43
	Total non-ortho CBs	4.5
	2', 3, 4, 4', 5-PeCB(#123)	0.24
	2, 3', 4, 4', 5-PeCB(#118)	0.99
	2, 3, 3', 4, 4'-PeCB(#105)	1.0
	2, 3, 4, 4', 5-PeCB(#114)	0.42
	2, 3', 4, 4', 5, 5'-HxCB(#167)	0.34
	2, 3, 3', 4, 4', 5-HxCB(#156)	0.91
	2, 3, 3', 4, 4', 5'-HxCB(#157)	0.45
	2, 3, 3', 4, 4', 5, 5'-HpCB(#189)	0.63
	Total mono-ortho CBs	5.0
Total Co-PCB		9.4
Total PCDD/Fs・Co-PCB		420
毒性等量 (ng-TEQ/g-dry)	Total PCDD/Fs	5.7
	Total Co-PCB	0.17
	Total PCDD/Fs・Co-PCB	5.9

*毒性等量は、検出下限未満を「0」として算出した値である。

表 19 灰中のPBDEs分析結果(実測濃度) (ng/g-dry)

物質名	B 施設
	ばいじん (直引集塵機)
MoBDEs	0.38
4,4'-DiBDE (#15)	0.083
DiBDEs	0.64
2',3,4/2,4,4'/2,2',3-TrBDE (#33/#28/#16)	0.34
TrBDEs	1.3
2,2',4,4'-TeBDE (#47)	0.76
TeBDEs	2.2
2,2',4,4',5-PeBDE (#99)	0.68
2,2',4,4',6-PeBDE (#100)	0.14
PeBDEs	1.8
2,2',4,4',5,5'-HxBDE (#153)	0.32
2,2',4,4',5,6'-HxBDE (#154)	0.29
HxBDEs	1.5
2,2',3,3',4,5',6/2,2',3,4,4',5',6-HpBDE (#175/#183)	0.85
HpBDEs	2.2
OBDEs	5.6
NoBDEs	6.2
DeBDE	5.8
Total PBDEs	28

表 20 灰中のHBCDs, TBBPA及びPBPhs分析結果(実測濃度) (ng/g-dry)

物質名	B 施設
	ばいじん (直引集塵機)
α -HBCD	ND
β -HBCD	ND
γ -HBCD	ND
Total HBCDs	ND
TBBPA	4.9
2-MoBPh	230
3/4-MoBPh	670
MoBPhs	900
2,6-DiBPh	10
2,5/3,5-DiBPh	ND
2,4-DiBPh	190
3,4-DiBPh	ND
2,3-DiBPh	ND
DiBPhs	200
2,4,6-TrBPh	23
2,3,6-TrBPh	ND
2,4,5-TrBPh	ND
2,3,5-TrBPh	ND
3,4,5-TrBPh	ND
2,3,4-TrBPh	ND
TrBPhs	23
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	1100

別 図 - 1

調査施設概要

(製造工程フロー、排ガス・排水処理フロー、試料採取箇所)

調査施設概要 (A施設) : 下水道終末処理場

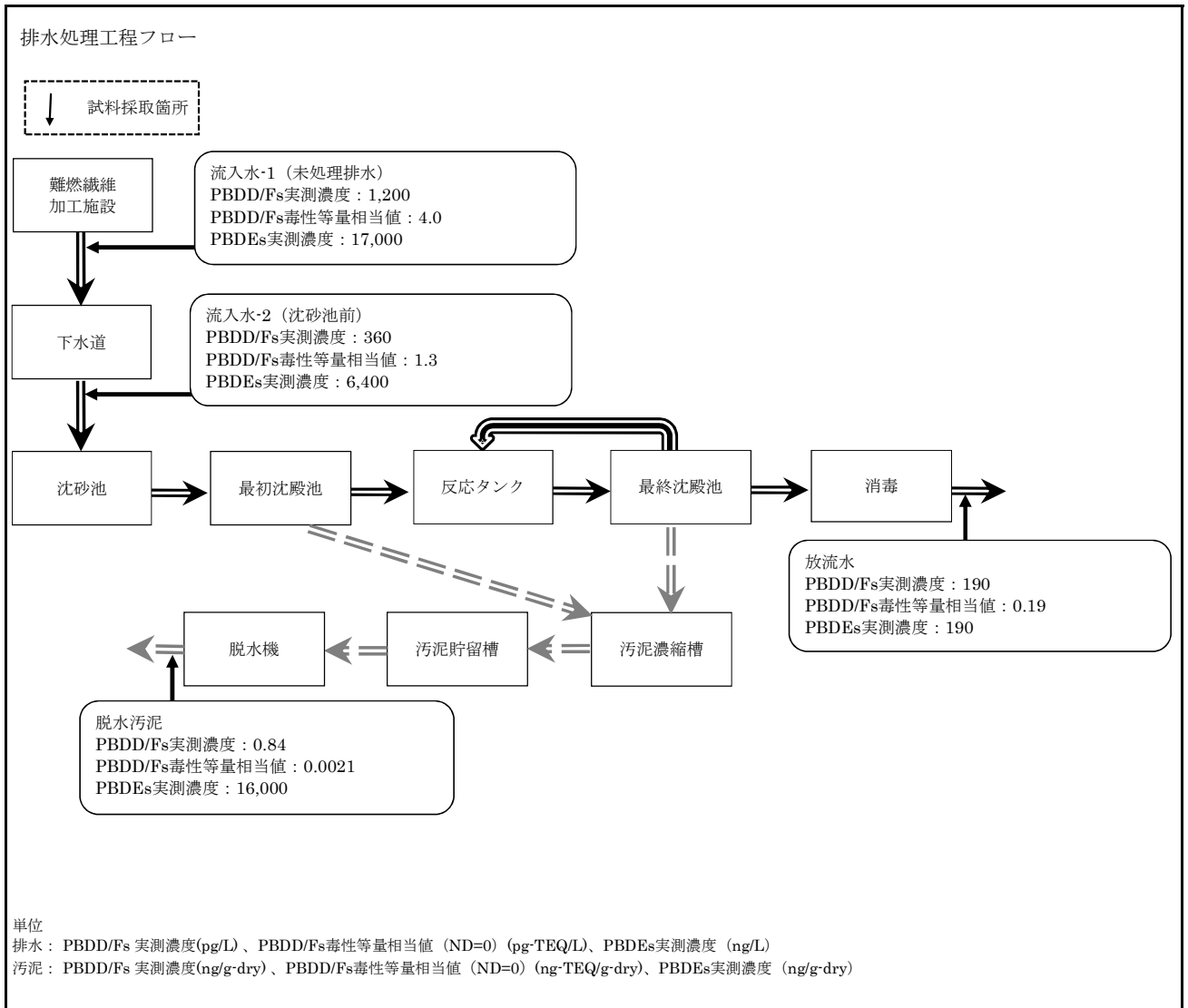


図-1 排水処理工程フロー

調査施設概要 (B施設) : 製鋼用電気炉

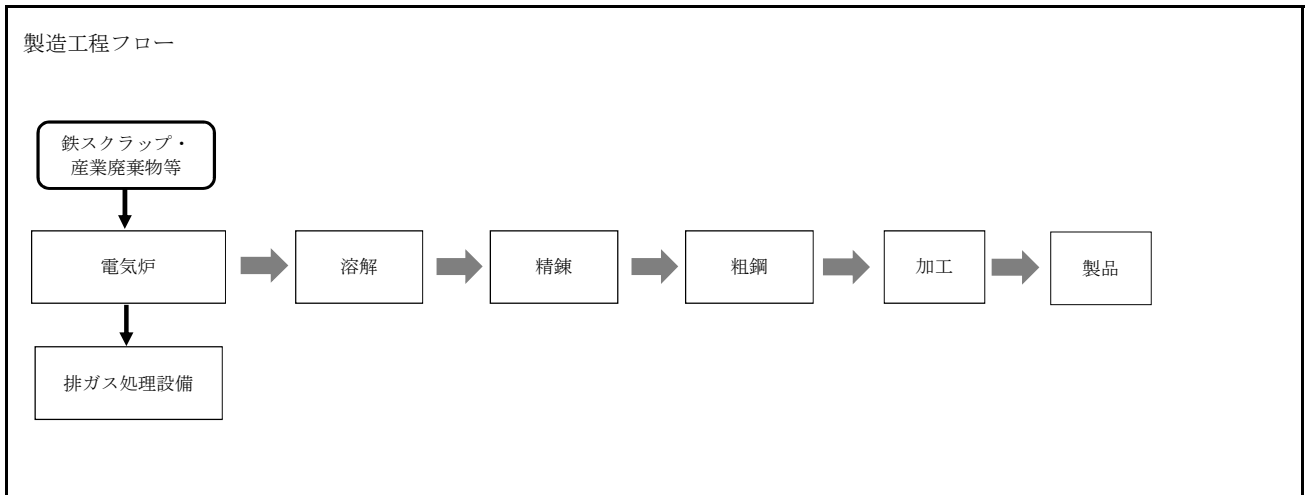


図-2 製造工程フロー

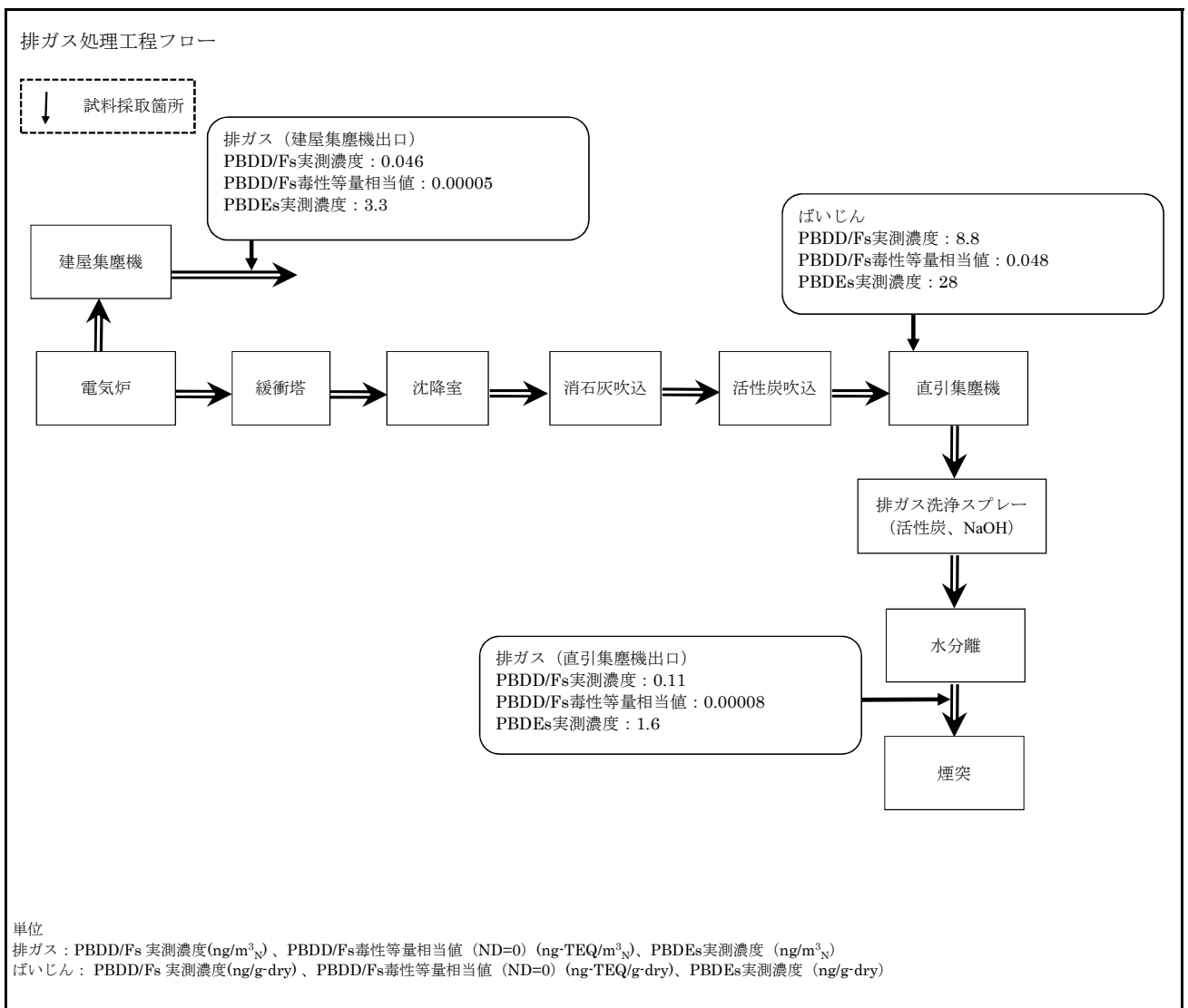


図-3 排ガス処理工程フロー

別 図 - 2

媒体別同族体組成

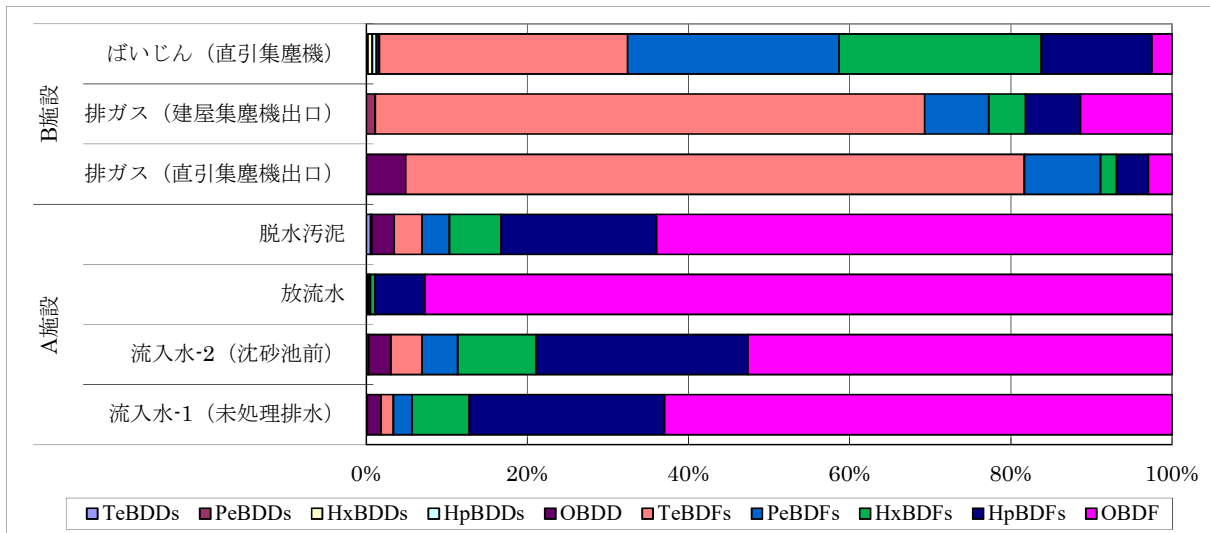


図1 PBDD/Fs同族体組成 (%)

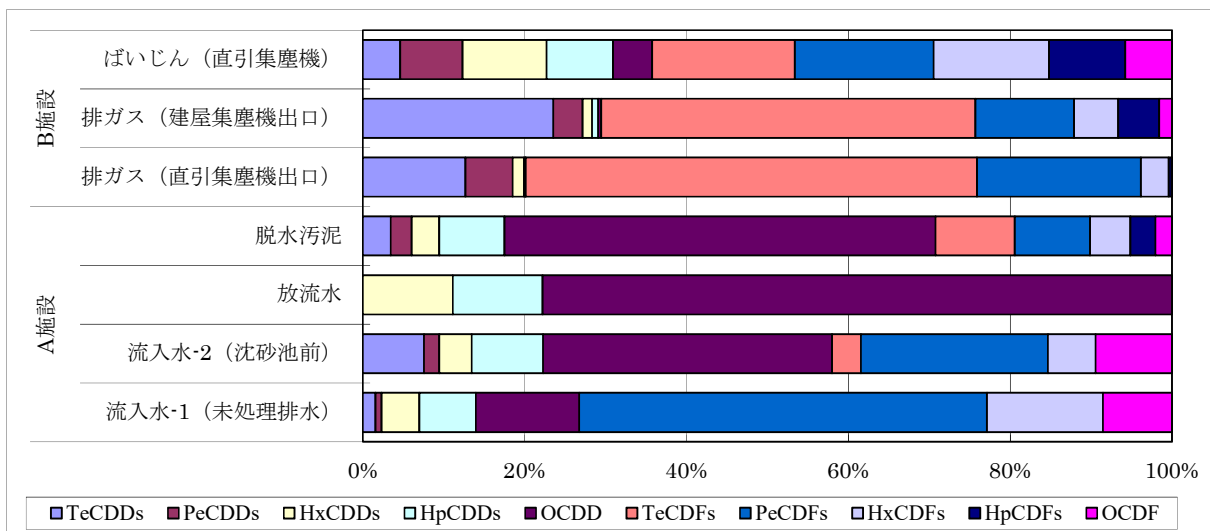


図2 PCDD/Fs同族体組成 (%)

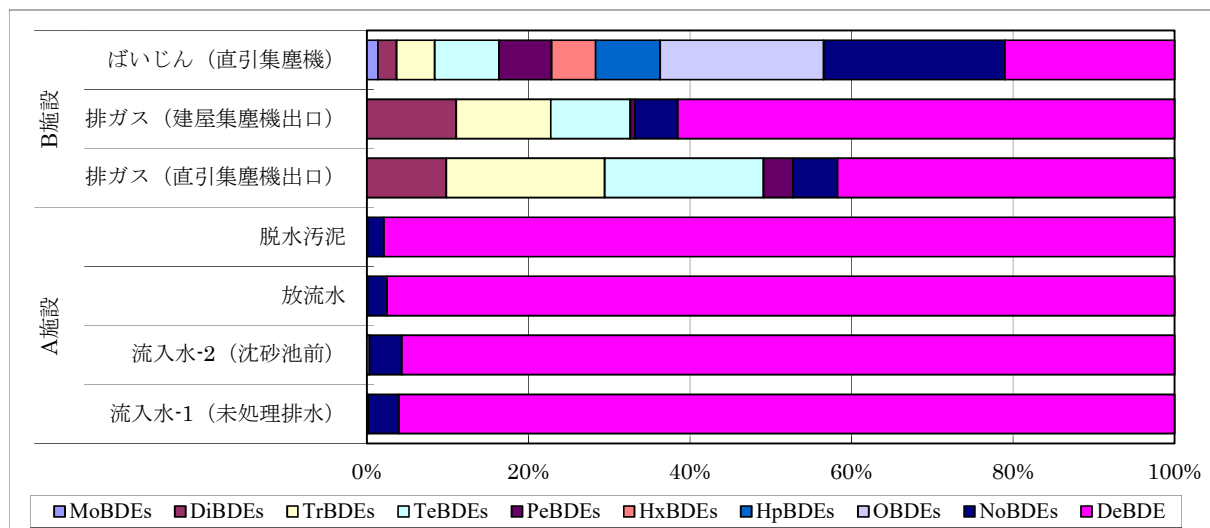


図3 PBDEs同族体組成 (%)

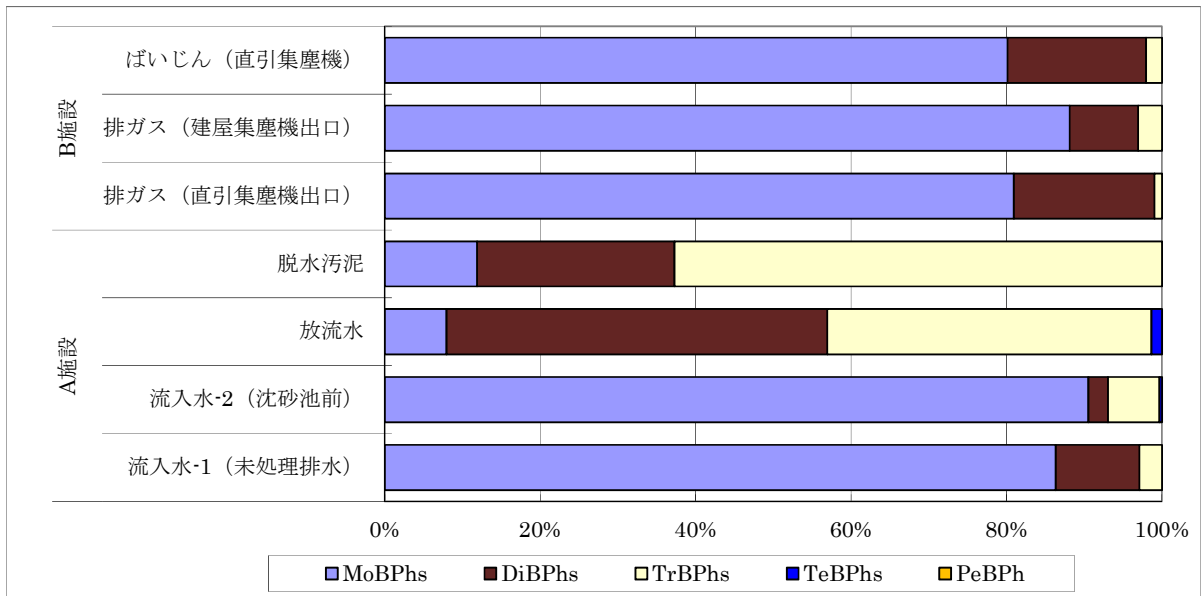


図4 PBPhs同族体組成 (%)

別 図 - 3

媒体別異性体組成

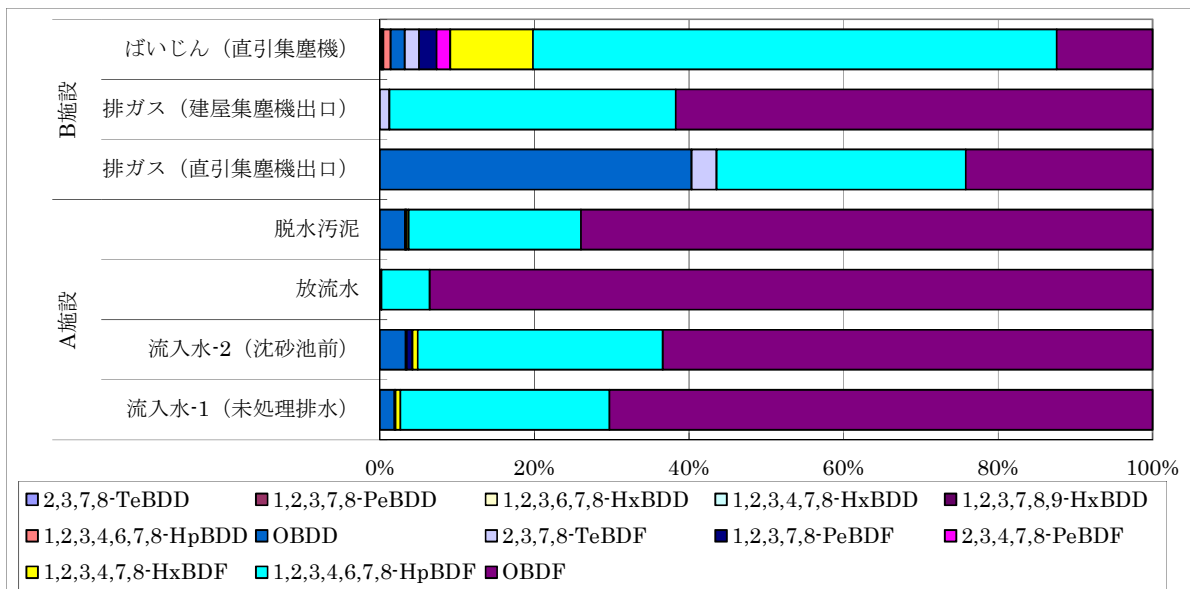


図1 PBDD/Fs異性体組成 (%)

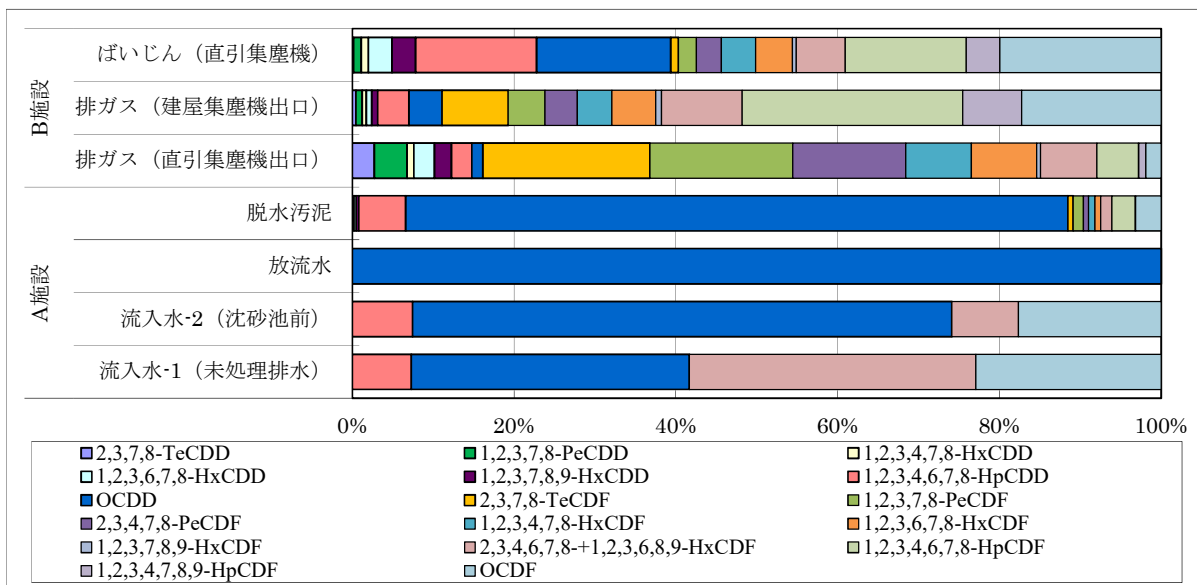


図2 PCDD/Fs異性体組成 (%)

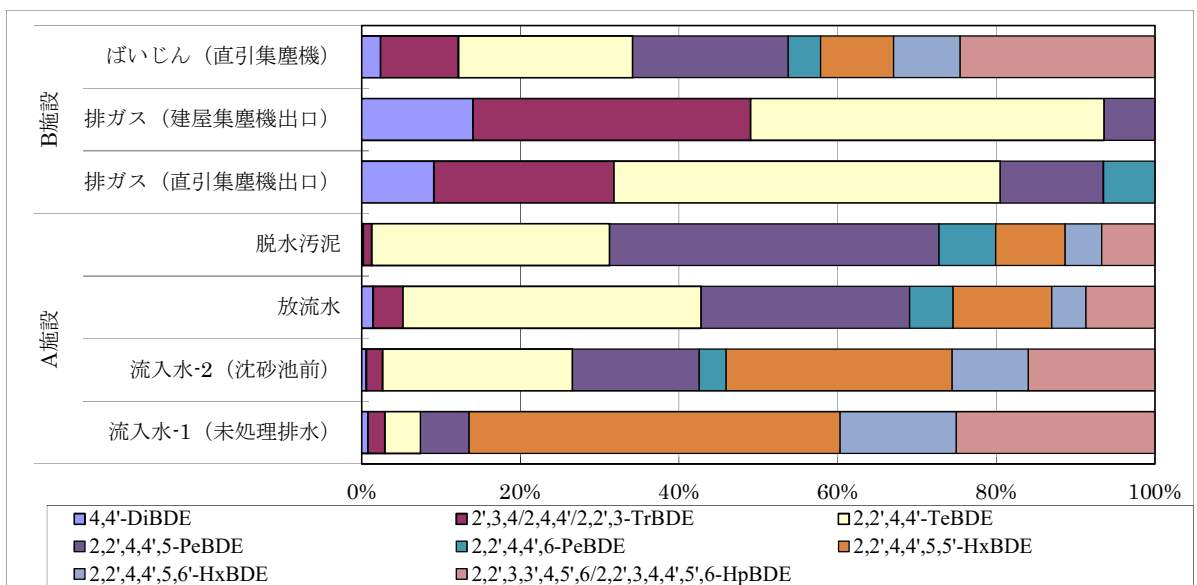


図3 PBDEs異性体組成 (%)

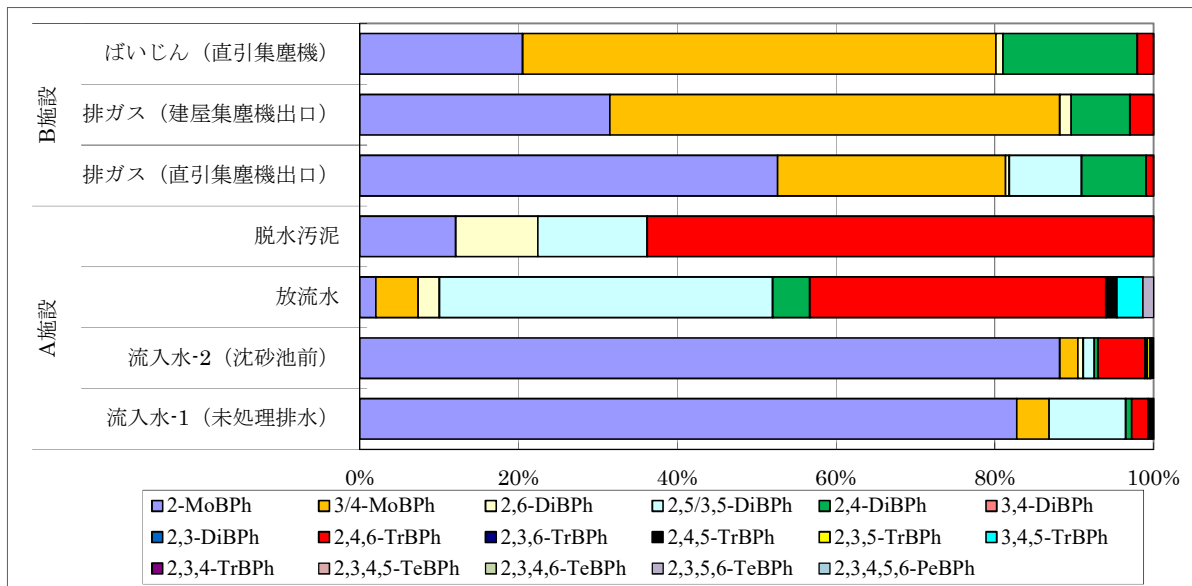


図4 PBPhs異性体組成 (%)

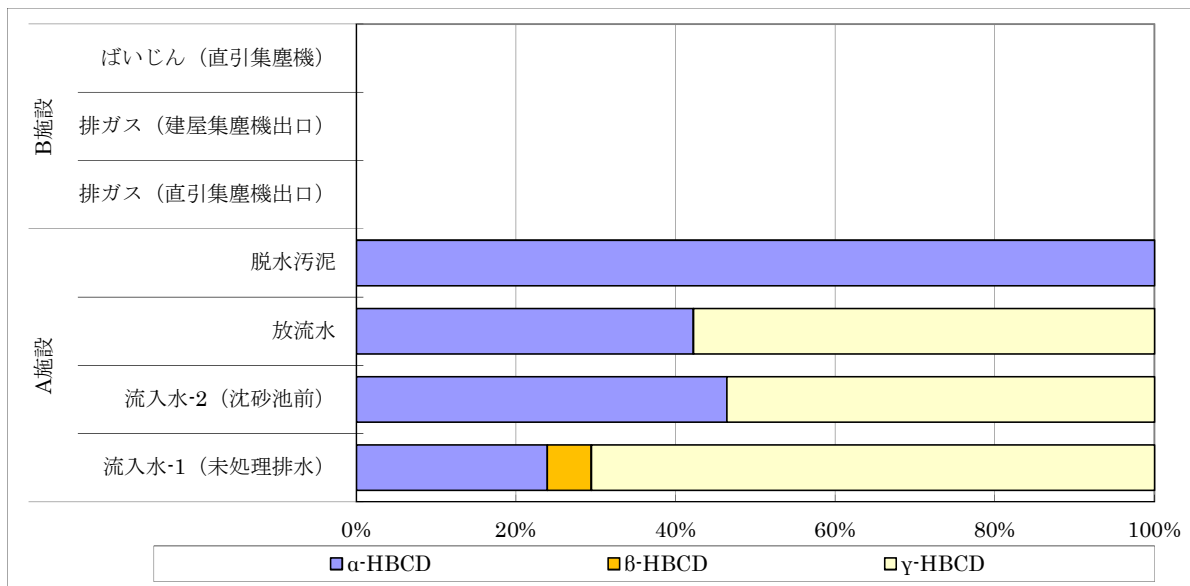


図5 HBCDs異性体組成 (%)

参考資料

国内の主な難燃剤需要量推移（推定）

表1 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	2017	2018
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	12,000	12,000
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	100	0
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ドデカン(HBCDs)	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	0	
エチレンビス(テトラブロモフタルイミド)	—	400	600	600	1,000	1,200	1,300	1,300	2,500	2,500	2,500	2,500	2,000	2,000	2,000	1,750	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,300	1,000	1,000	1,000	900	900	900	900	900	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	2,400	2,500	
ビス(トリブロモフェノキシエタン)	400	400	400	400	1,000	1,000	900	900	750	500	400	100	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
TBBPAポリカーボネートオリゴマー	—	—	—	—	—	2,500	2,500	2,500	2,500	2,750	3,000	3,000	3,000	2,800	2,900	1,800	2,500	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	2,500	2,500	2,500	2,500	2,000	2,200
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	7,000	6,000	6,000	6,500	4,000	4,000	4,400
TBBPAエポキシオリゴマー	—	—	—	1,000	3,000	4,700	6,000	6,500	7,000	7,450	9,000	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500	9,000	12,000	12,000	12,000	10,000	9,000	6,000	7,000	6,200	5,400	5,000	5,000	5,000	4,000	4,200	
ビス(ペンタブロモフェニルエタン)(DEDPE)	—	—	—	—	—	—	—	1,000	1,600	2,600	3,000	4,600	4,600	5,000	5,000	4,500	5,000	5,000	5,000	5,000	6,000	6,000	5,500	6,000	7,000	6,700	5,500	5,900	6,000	6,000	6,500	7,000	
TBBPA-ビス(ジブ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	1,300	
ポリジブロモフェニルエーテル	100	170	200	—	—	—	—	—	200	200	400	400	800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ヘキサブロモベンゼン	—	—	—	—	—	—	—	—	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	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	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	1,000	
臭素化ブタジエン-スチレン共重合	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,000	1,500	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	38,450	

(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(ジブ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

表2 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	2017	2018
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	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	4,900	4,900	4,900	4,900	4,900	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,100	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	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	3,300	3,100	3,100	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	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	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		
APP以外のイントメッセント系	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	500	200	200	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	500	
ホスファフェナントレン系	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	500	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	1,500	3,000	3,000	3,000	3,000	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	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	28,000	27,700	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	9,400	8,900
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	—	10,000	10,000	
ホウ酸亜鉛	400	400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
窒素化グアニジン	4,000	4,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	—	—
五酸化アンチモン	数100	数100	数100	300	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	700	700	700	700	700	700	700	700	700	—	—
水酸化マグネシウム	2,000	2,000	2,200	2,400	2,400	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	5,000	7,000	8,000	14,000	14,000	14,000	14,000	12,500	10,000	10,000	10,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	10,000
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	25,200	30,400	28,900

(注)塩素化パラフィンは、可塑剤も含む数量
(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。

出典:化学工業日報社調査資料より作成