

平成19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22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. 臭素系ダイオキシン類の排出実態等調査

1-1 調査目的	1
1-2 調査概要	1
1-3 試料概要	7
1-4 分析方法	10
1-5 調査結果（総括表）	33
1-6 まとめ及び考察（排出実態解明の検討）	45
別表-1 調査結果（個別結果）	57
別図-1 媒体別同族体組成	89
別図-2 媒体別異性体組成	96
別表-2 過去の調査結果一覧	103

2. 基礎情報調査

2-1 臭素系ダイオキシン類の毒性について	110
2-2 臭素系ダイオキシン類の発生源情報の収集・整理	114
2-3 臭素系ダイオキシン類の発生源の可能性のある施設、工程等の検討	128

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	: ポ リブ ロモシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ シ/シ ヘ ソー フラン
PBDD s	: ポ リブ ロモシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ
PBDF s	: ポ リブ ロモシ ヘ ソー フラン
TeBDDs	: テトラブ ロモシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ
PeBDDs	: ヘ ンタブ ロモシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ
HxBDDs	: ヘキサブ ロモシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ
HpBDDs	: ヘプ タブ ロモシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ
OBDD	: オクタブ ロモシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ
TeBDFs	: テトラブ ロモシ ヘ ソー フラン
PeBDFs	: ヘ ンタブ ロモシ ヘ ソー フラン
HxBDFs	: ヘキサブ ロモシ ヘ ソー フラン
HpBDFs	: ヘプ タブ ロモシ ヘ ソー フラン
OBDF	: オクタブ ロモシ ヘ ソー フラン
MoBPCDDs/DFs	: モノブ ロモホ リクロシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ シ/シ ヘ ソー フラン
MoBPCDDs	: モノブ ロモホ リクロシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ
MoBPCDFs	: モノブ ロモホ リクロシ ヘ ソー フラン
MoBTrCDDs	: モノブ ロモトリクロシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ
MoBTeCDDs	: モノブ ロモテトラクロシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ
MoBPeCDDs	: モノブ ロモヘ ンタクロシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ
MoBHxCDDs	: モノブ ロモヘキサクロシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ
MoBHpCDDs	: モノブ ロモヘプ タクロシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ
MoBTrCDFs	: モノブ ロモトリクロシ ヘ ソー フラン
MoBTeCDFs	: モノブ ロモテトラクロシ ヘ ソー フラン
MoBPeCDFs	: モノブ ロモヘ ンタクロシ ヘ ソー フラン
MoBHxCDFs	: モノブ ロモヘキサクロシ ヘ ソー フラン
MoBHpCDFs	: モノブ ロモヘプ タクロシ ヘ ソー フラン
DiBDiCDDs	: シ ブ ロモシ クロシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ
DiBTrCDDs	: シ ブ ロモトリクロシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ
DiBTeCDDs	: シ ブ ロモテトラクロシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ
DiBPeCDDs	: シ ブ ロモヘ ンタクロシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ
DiBHxCDDs	: シ ブ ロモヘキサクロシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ
DiBDiCDFs	: シ ブ ロモシ クロシ ヘ ソー フラン
DiBTrCDFs	: シ ブ ロモトリクロシ ヘ ソー フラン
DiBTeCDFs	: シ ブ ロモテトラクロシ ヘ ソー フラン
DiBPeCDFs	: シ ブ ロモヘ ンタクロシ ヘ ソー フラン
DiBHxCDFs	: シ ブ ロモヘキサクロシ ヘ ソー フラン
PCDDs/DFs	: ホ リクロシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ シ/シ ヘ ソー フラン
PCDDs	: ホ リクロシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ
PCDFs	: ホ リクロシ ヘ ソー フラン
TeCDDs	: テトラクロシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ
PeCDDs	: ヘ ンタクロシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ
HxCDDs	: ヘキサクロシ ヘ ソー ハー ラー シ オキシ

HpCDDs	: ヘブ [°] タクロロシ ^ゝ ヘ ^ン ソ ^ゞ ーハ [°] ラーシ ^ゞ オキシ ^ン
OCDD	: オクタクロロシ ^ゝ ヘ ^ン ソ ^ゞ ーハ [°] ラーシ ^ゞ オキシ ^ン
TeCDFs	: テトラクロロシ ^ゝ ヘ ^ン ソ ^ゞ フラン
PeCDFs	: ヘ [°] ンタクロロシ ^ゝ ヘ ^ン ソ ^ゞ フラン
HxCDFs	: ヘキサクロロシ ^ゝ ヘ ^ン ソ ^ゞ フラン
HpCDFs	: ヘブ [°] タクロロシ ^ゝ ヘ ^ン ソ ^ゞ フラン
OCDF	: オクタクロロシ ^ゝ ヘ ^ン ソ ^ゞ フラン
Co-PCB	: コブ [°] ラーホ [°] リクロロビ ^ゞ フェニル (タ ^ゞ イキシ ^ン 様 PCB:DL-PCB)
TeCBs	: テトラクロロビ ^ゞ フェニル
PeCBs	: ヘ [°] ンタクロロビ ^ゞ フェニル
HxCBs	: ヘキサクロロビ ^ゞ フェニル
HpCBs	: ヘブ [°] タクロロビ ^ゞ フェニル
PBDEs	: ホ [°] リブ ^ゞ ロモシ ^ゞ フェニルエーテル
MoBDEs	: モノブ ^ゞ ロモシ ^ゞ フェニルエーテル
DiBDEs	: シ ^ゞ ブ ^ゞ ロモシ ^ゞ フェニルエーテル
TrBDEs	: トリブ ^ゞ ロモシ ^ゞ フェニルエーテル
TeBDEs	: テトラブ ^ゞ ロモシ ^ゞ フェニルエーテル
PeBDEs	: ヘ [°] ンタブ ^ゞ ロモシ ^ゞ フェニルエーテル
HxBDEs	: ヘキサブ ^ゞ ロモシ ^ゞ フェニルエーテル
HpBDEs	: ヘブ [°] タブ ^ゞ ロモシ ^ゞ フェニルエーテル
OBDEs	: オクタブ ^ゞ ロモシ ^ゞ フェニルエーテル
NoBDEs	: ノナブ ^ゞ ロモシ ^ゞ フェニルエーテル
DeBDE	: デ ^ゞ カブ ^ゞ ロモシ ^ゞ フェニルエーテル
HBCD	: ヘキサブ ^ゞ ロモシクロト ^ゞ テ ^ゞ カン
BBzs	: ブ ^ゞ ロモヘ ^ン ゼ ^ン 類
MoBBz	: モノブ ^ゞ ロモヘ ^ン ゼ ^ン
DiBBzs	: シ ^ゞ ブ ^ゞ ロモヘ ^ン ゼ ^ン
TrBBzs	: トリブ ^ゞ ロモヘ ^ン ゼ ^ン
TeBBzs	: テトラブ ^ゞ ロモヘ ^ン ゼ ^ン
PeBBz	: ヘ [°] ンタブ ^ゞ ロモヘ ^ン ゼ ^ン
HxBBz	: ヘキサブ ^ゞ ロモヘ ^ン ゼ ^ン
CBzs	: クロロヘ ^ン ゼ ^ン 類
MoCBz	: モノクロロヘ ^ン ゼ ^ン
DiCBzs	: シ ^ゞ クロロヘ ^ン ゼ ^ン
TrCBzs	: トリクロロヘ ^ン ゼ ^ン
TeCBzs	: テトラクロロヘ ^ン ゼ ^ン
PeCBz	: ヘ [°] ンタクロロヘ ^ン ゼ ^ン
HxCBz	: ヘキサクロロヘ ^ン ゼ ^ン
BPhs	: ブ ^ゞ ロモフェノール類
MoBPhs	: モノブ ^ゞ ロモフェノール
DiBPhs	: シ ^ゞ ブ ^ゞ ロモフェノール
TrBPhs	: トリブ ^ゞ ロモフェノール
TeBPhs	: テトラブ ^ゞ ロモフェノール
PeBPh	: ヘ [°] ンタブ ^ゞ ロモフェノール
CPhs	: クロロフェノール類

MoCPhs	:	モノクロフェノール
DiCPhs	:	ジクロフェノール
TrCPhs	:	トリクロフェノール
TeCPhs	:	テトラクロフェノール
PeCPh	:	ペンタクロフェノール
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

1. 臭素系ダイオキシン類の排出実態等調査

1-1 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。

1-2 調査概要

H15年度、17年度及び18年度に引き続き、IPCS 環境保健クライテリアにおいて、臭素系ダイオキシン類の生成、排出が報告されている臭素系難燃剤を使用して難燃繊維加工を行っている難燃繊維加工施設を対象に臭素系ダイオキシン類の排出実態等について調査を実施した。

H15年度の調査において、染色・防炎加工工程の工程水より排水処理後総合排水から高い濃度レベルのPBDDs/DFs が検出されたことから、H17年度に、H15年度と同じ施設において排水経路別の追加調査を実施した。H17年度調査においても依然排水処理後総合排水から高い濃度レベルのPBDDs/DFs が検出されたが、同一箇所では採取した試料でも、難燃繊維加工工程はバッチ処理であり、採取時期によりPBDDs/DFs濃度が大きく異なるため、PBDDs/DFs発生源の明確な経路の判明には至らなかった。このため、H18年度調査では、排水処理工程の滞留時間を考慮した採水を行い排水処理に係る追加調査を行うとともに、小型染色試験機を用いて難燃繊維加工工程の調査を実施した。排水処理の追加調査では、排水処理前に比べ処理後にPBDDs/DFs濃度が低くなること、排水処理の中間工程にある曝気槽で、排水処理前後の排水より高い濃度のPBDDs/DFs が検出されること等からPBDDs/DFs はSS に吸着された状態で曝気槽内を循環していることが考えられるとともに、PBDEsは加工工程で使用していない施設の排水等からPBDEsが検出されたことからPBDEs が他の物質に不純物として含まれている可能性や過去の使用による残留の可能性等が示唆された。なお、小型染色試験機による調査は、試料量が少なく低濃度であったため、難燃加工工程のバッチごとの明確な比較はできなかった。

これらの結果を受けて、今回の調査では、排水処理前後の排水に係る追加調査、難燃加工工程に使用されている難燃剤及び染料等の調査、試料量を増やして試作染色試験機による難燃繊維加工工程に係る調査を行った。

なお、分析項目は、臭素系ダイオキシン類の排出状況について考察する上で比較する指標物質として塩素化ダイオキシン類についても同時に調査し、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及び臭素系ダイオキシン類の前駆体と考えられるブロモベンゼン類及びブロモフェノール類等についても併せて調査を行った。

(1) 調査対象施設

難燃繊維加工施設（3 施設）

臭素系難燃剤を使用して難燃繊維加工を行っている 3 施設（難燃繊維加工施設：B-1, B-2 及び B-3）を調査対象とした。

なお、これらの施設は、平成 15 年度、17 年度及び 18 年度に調査を実施した施設である。

B-1 及び B-3 施設では、染色工程で HBCD を使用して難燃加工を行っており、B-2 施設では、HBCD 及び DeBDE を使用して難燃加工を行っている。また、B-1, B-2 及び B-3 施設とも、排水は活性汚泥法で処理を行ったのち、河川又は海域に放流している。

B-1 施設

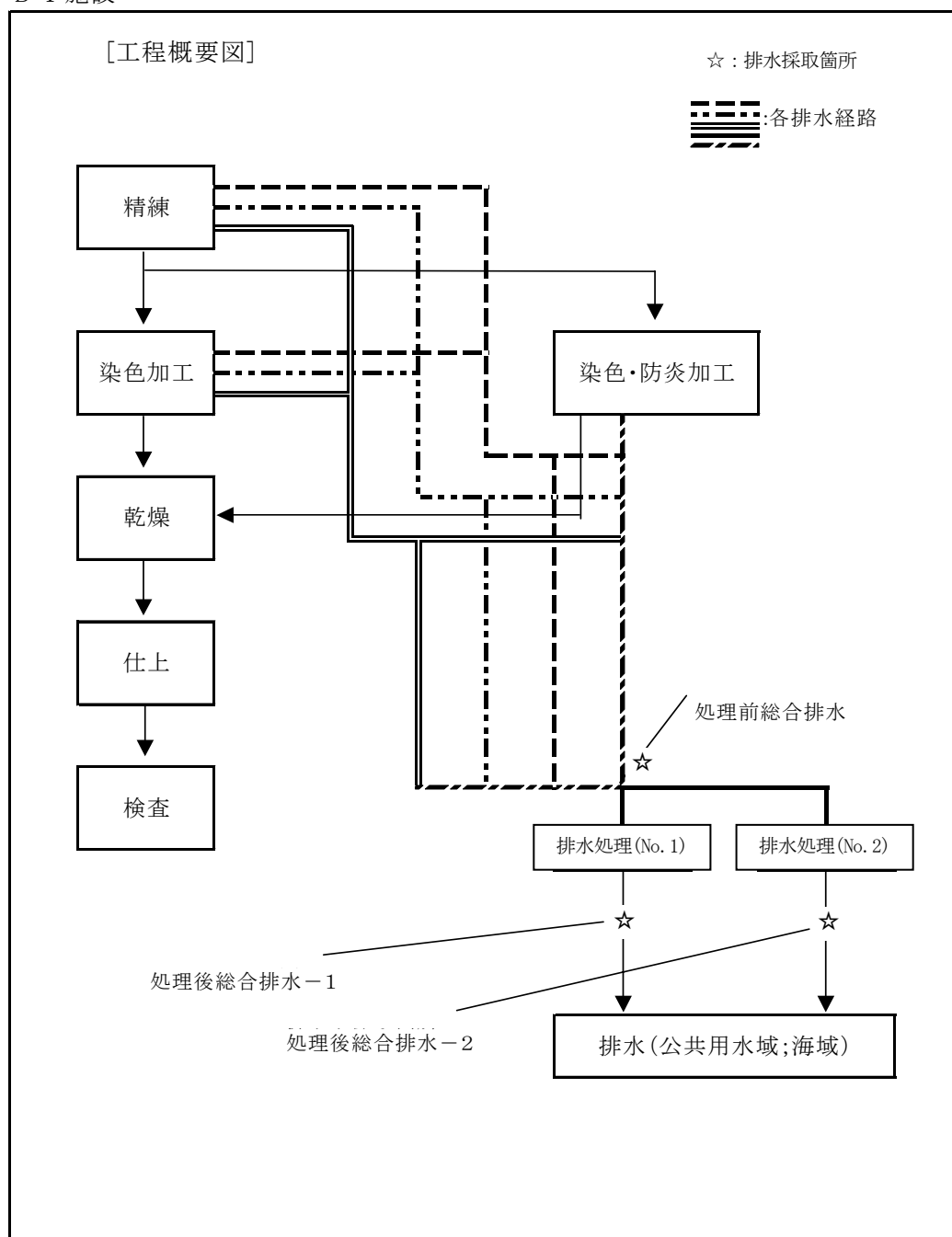


図 1 工程概要図（B-1 施設）

B-2 施設

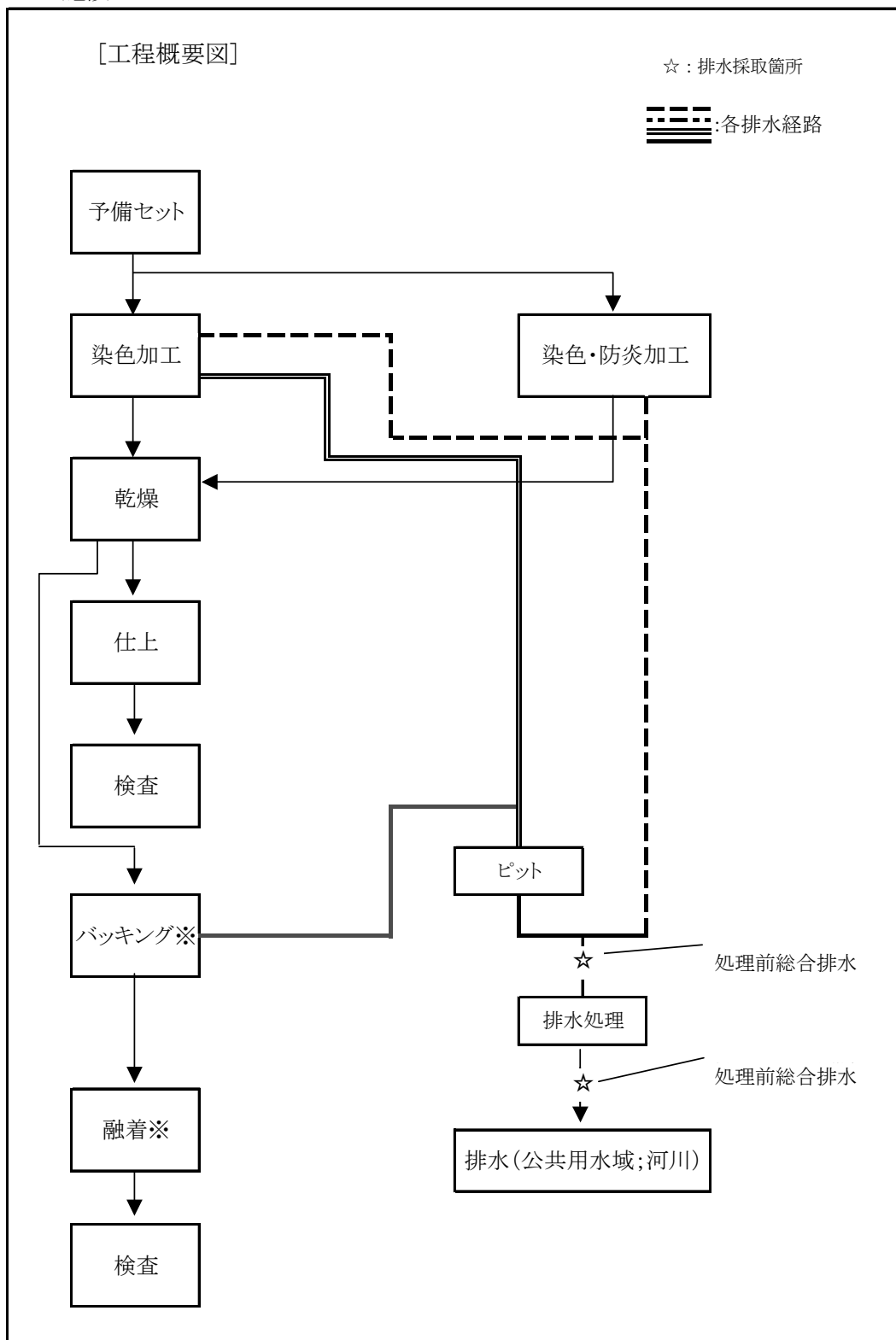


図 2 工程概要図 (B-2 施設)

B-3 施設

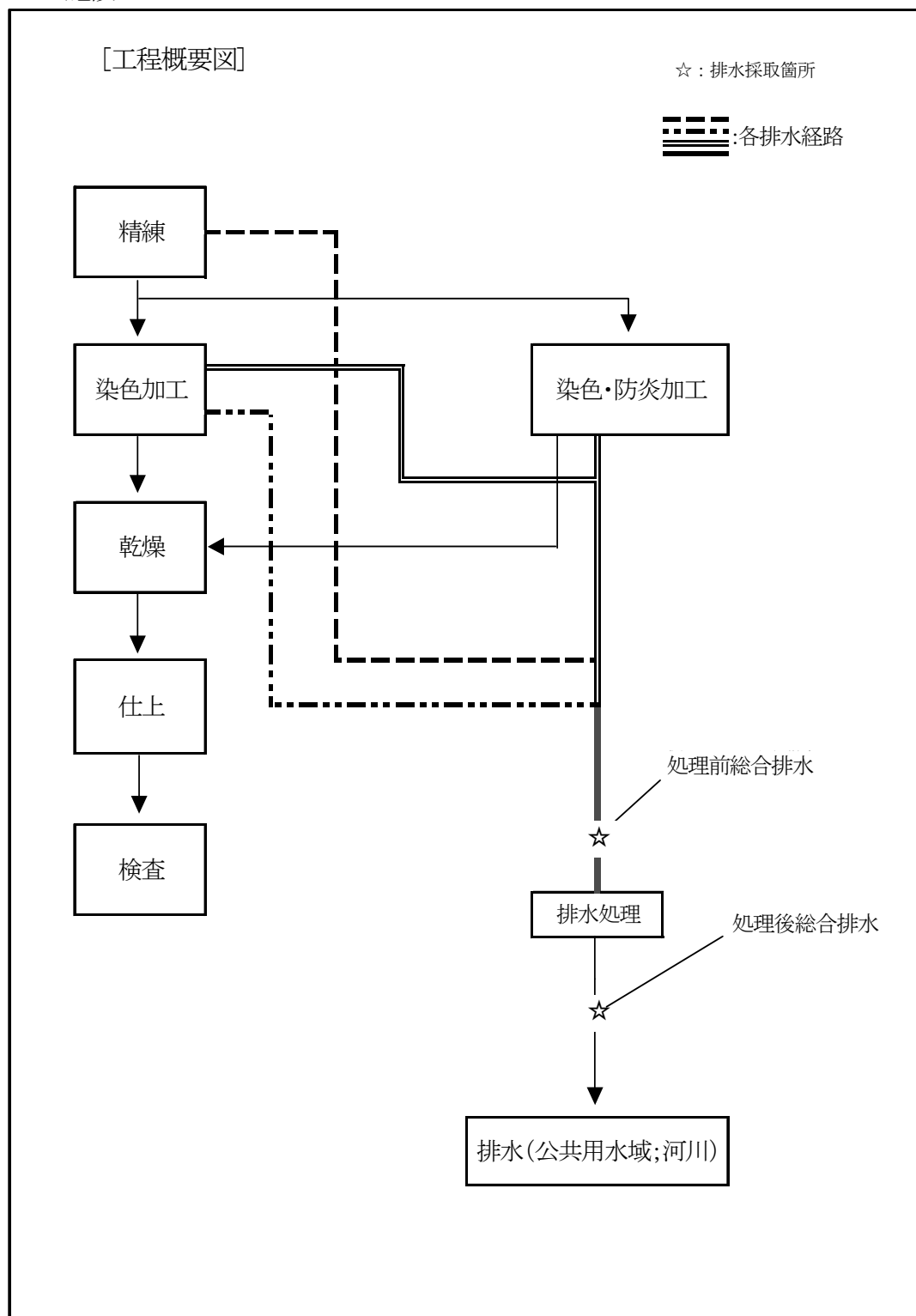


図3 工程概要図 (B-3 施設)

(2) 調査媒体

難燃繊維加工施設

- ① 排水（排水処理工程の前後の排水）
- ② 試作染色試験機による廃液（試作染色試験機を用いて、主な染料及び難燃剤による染色試験を行った廃液）
- ③ 難燃剤及び染料等（難燃剤繊維加工で使用している主な難燃剤及び染料）

(3) 分析項目

1) 臭素化ダイオキシン類（PBDDs/DFs）

① 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, 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

② 同族体

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

2) 塩素化ダイオキシン類（PCDDs/DFs 及び Co-PCB）

① PCDDs/DFs 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, 5, 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

② PCDDs/DFs の同族体

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

③ Co-PCB

3, 4, 4', 5'-TeCB, 3, 3', 4, 4'-TeCB, 3, 3', 4, 4', 5'-PeCB, 3, 3', 4, 4', 5, 5'-HxCB,
2', 3, 4, 4', 5'-PeCB, 2, 3', 4, 4', 5'-PeCB, 2, 3, 3', 4, 4'-PeCB, 2, 3, 4, 4', 5'-PeCB,
2, 3', 4, 4', 5, 5'-HxCB, 2, 3, 3', 4, 4', 5'-HxCB, 2, 3, 3', 4, 4', 5'-HxCB,
2, 3, 3', 4, 4', 5, 5'-HpCB, 2, 2', 3, 4, 4', 5, 5'-HpCB, 2, 2', 3, 3', 4, 4', 5'-HpCB

3) ポリブロモジフェニルエーテル（PBDEs）

① PBDEs の各同族体の異性体

4, 4'-DiBDE, 2, 4, 4'-TrBDE, 2, 2', 4, 4'-TeBDE, 2, 2', 4, 4', 5'-PeBDE,
2, 2', 4, 4', 6'-PeBDE, 2, 2', 4, 4', 5, 5'-HxBDE, 2, 2', 4, 4', 5, 6'-HxBDE,
2, 2', 3, 4, 4', 5, 6'-HpBDE, DeBDE

② PBDEs の各同族体

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

4) ヘキサブロモシクロデカン（HBCD）

5) クロロベンゼン類（CBzs）

① CBzs の同族体

MoCBz, DiCBzs, TrCBzs, TeCBzs, PeCBz, HxCBz

6) ブロモベンゼン類（BBzs）

① BBzs の各同族体

MoBBz, DiBBzs, TrBBzs, TeBBzs, PeBBz, HxBBz

7) クロロフェノール類 (CPhs)

① CPhs の各同族体

MoCPhs, DiCPhs, TrCPhs, TeCPhs, PeCPhs

8) ブロモフェノール類 (BPhs)

① BPhs の各同族体

MoBPhs, DiBPhs, TrBPhs, TeBPhs, PeBPhs

1-3 試料概要

1) 排水処理関連項目

① 排水(排水処理前の工程水を含む)

表 1 排水試料の概況 (1)

施設	試料名	天候(前日)	採取回数	水温(℃)	pH	外観
B-1	処理前総合排水-1	晴(雪)	①	30.7	7.3	灰黒色
			②	30.7	7.6	
			③	30.7	7.8	
	処理前総合排水-2	晴(雪)	①	34.0	9.4	紫色
			②	34.5	9.3	
			③	35.5	9.4	
	処理後総合排水(No.1)-1	小雨(晴)	①	32.2	7.3	褐色
			②	31.5	7.3	
			③	31.7	7.3	
	処理後総合排水(No.1)-2	小雨(晴)	①	32.0	7.2	褐色
			②	32.0	7.3	
			③	32.1	7.3	
	処理後総合排水(No.2)-1	小雨(晴)	①	29.6	7.6	褐色
			②	30.3	7.7	
			③	30.0	7.7	
	処理後総合排水(No.2)-2	小雨(晴)	①	29.2	7.7	褐色
			②	29.2	7.6	
			③	29.5	7.7	
B-2	処理前総合排水-1	曇(雪)	①	22.7	7.0	茶褐色
			②	22.5	7.1	
			③	22.3	6.8	
	処理前総合排水-2	晴(曇)	①	22.3	7.2	褐色
			②	23.0	6.9	
			③	22.7	6.9	
	処理後総合排水-1	曇(雪)	①	22.5	6.8	緑褐色
			②	22.5	6.7	
			③	22.6	6.8	
	処理後総合排水-2	晴(曇)	①	23.7	6.7	緑褐色
			②	23.6	6.5	
			③	23.4	6.5	
B-3	処理前総合排水-1	曇(雪)	①	28.1	9.4	茶褐色
			②	27.8	9.3	
			③	28.6	9.3	
	処理前総合排水-2	曇(雪)	①	28.3	9.4	緑黒色
			②	28.7	9.2	
			③	29.0	9.5	
	処理後総合排水-1	晴(曇)	①	25.1	7.1	褐色
			②	27.5	7.1	
			③	26.5	7.1	
	処理後総合排水-2	晴(曇)	①	28.3	7.1	淡褐色
			②	28.0	7.1	
			③	28.3	7.0	

注：採水は15分間隔で3回行った。

表2 排水試料の概況(2)

施設	試料名	SS	臭化物体(上段) 全臭素(下段)	塩化物体(上段) 全塩素(下段)	電気伝導率
		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mS/m)
B-1	処理前総合排水-1	9	0.5 3.4	19.9 22.8	130
	処理前総合排水-2	5	0.5 2.3	19.2 23.8	167
	処理後総合排水(No1)-1	11	2.0 2.5	42.8 43.1	190
	処理後総合排水(No1)-2	8	2.0 2.3	39.3 39.6	183
	処理後総合排水(No2)-1	42	2.1 3.1	24.4 24.7	185
	処理後総合排水(No2)-2	25	2.2 3.3	24.7 25.1	186
B-2	処理前総合排水-1	17	3.4 4.2	18.2 18.9	53.2
	処理前総合排水-2	21	0.5 0.8	17.7 18.3	31.0
	処理後総合排水-1	17	2.0 2.9	25.3 25.9	43.0
	処理後総合排水-2	18	1.1 2.0	18.7 19.5	29.0
B-3	処理前総合排水-1	18	0.2 0.4	16.7 18.1	64.6
	処理前総合排水-2	12	0.2 0.4	16.7 18.4	74.9
	処理後総合排水-1	21	0.7 1.2	44.4 45.2	82.4
	処理後総合排水-2	23	0.9 1.3	73.9 75.0	91.6

注：表2の結果は表1の採取回数①, ②, ③のコンポジットの試料の測定値を示す。

- 2) 試作染色試験による廃液
試験に用いた試料量は80L

表3 試作染色試験による廃液試料

施設	試料名	試料情報
B-1	染色後廃液(A)	臭素系含有アゾ系黒染料による染色後廃液
	染色後廃液(B)	臭素系含有アゾ系レヅヅ染料による染色後廃液
	難燃加工後廃液(A)	臭素系含有アゾ系黒染料と HBCD 使用の難燃加工後廃液
	難燃加工後廃液(B)	臭素系含有アゾ系レヅヅ染料と HBCD 使用の難燃加工後廃液

注：試料の作成方法

- ・製品染め用染色機にポリエステル繊維、難燃剤※、染料、助剤、水等を入れ、浴温度を上げ（130℃×30 分）染色したのち、冷却（70℃）した廃液。
- ※ 難燃加工後廃液のみ添加

3) 難燃剤及び染料等

表4 難燃剤及び染料等

施設	試料名	試料情報
B-1	難燃剤(HBCD)	臭素系難燃剤
	染料(A)	臭素含有アゾ系黒染料
	染料(B)	臭素含有アゾ系レヅヅ染料①
	染料(C)	臭素含有アゾ系レヅヅ染料②
B-2	難燃剤(HBCD)	臭素系難燃剤
	難燃剤(DeBDE)	臭素系難燃剤
	バックグ 剤①	臭素系難燃剤にアルカリを加え攪拌したもの（攪拌時間 1/2 倍）
	バックグ 剤②	臭素系難燃剤にアルカリを加え攪拌したもの（攪拌時間 等倍）
	バックグ 剤③	臭素系難燃剤にアルカリを加え攪拌したもの（攪拌時間 5 倍）
B-3	難燃剤(HBCD)	臭素系難燃剤

注：攪拌時間は 10 分間が通常である。

1-4 分析方法

(1) 分析方法

1) 臭素化ダイオキシン類(PBDDs/DFs)

① 排水

「ポリブロモジベンゾー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)

② 染料・難燃剤

溶解・クリーンアップ後 HRGC-MS 測定 (HRGC-MS の条件は「ポリブロモジベンゾー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) 準用)

2) 塩素化ダイオキシン類(PCDDs/DFs 及び Co-PCB)

① 排水、工程水(PCDDs/DFs 及び Co-PCB)

「工業用水・工場排水中のダイオキシン類の測定方法」(JIS K 0312 : 2005)

② 染料・難燃剤

溶解・クリーンアップ後 HRGC-MS 測定 (HRGC-MS の条件は「工業用水・工場排水中のダイオキシン類の測定方法」(JIS K 0312 : 2005) 準用)

3) ポリブロモジフェニルエーテル(PBDEs)

試料抽出フロー (図 4 及び 5) 及び PBDEs 分析フロー(図 9)により分析を行った。

4) ヘキサブロモシクロデカン (HBCD)

HBCD 分析フロー (図 10) により分析を行った。

5) クロロベンゼン類 (CBzs)、ブロモベンゼン類 (BBzs)、クロロフェノール類 (CPhs)、ブロモフェノール類 (BPhs)

染料・難燃剤中の CBzs、BBzs、CPhs、BPhs、分析フロー(図 11. 1)、水質中の CBzs、BBzs、CPhs、BPhs 分析フロー(図 11. 2)、未ろ過試料の CBzs、BBzs、CPhs、BPhs 分析フロー (ヘッドスペース法) (図 11. 3)、ろ過試料の CBzs、BBzs、CPhs、BPhs 分析フロー (ヘッドスペース法) (図 11. 4) により分析を行った。

(2) 試料採取の概要

1) 排水

採水場所において、ステンレス製バケツ類または柄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。

2) 染料・難燃剤

染料・難燃剤は、B-1 施設、B-2 施設、B-3 施設の各担当者に試料を提供していただいた。

(3) 分析フロー

PBDDs/DFs、PCDDs/DFs 及び Co-PCB、PBDEs の試料抽出フローを図4～図5に示す。また、PBDDs/DFs 分析フローを図6、PCDDs/DFs 分析フローを図7、Di-ortho PCB 分析フローを図8、PBDEs 分析フローを図9、HBCD 分析フローを図10、水質及び染料、難燃剤中のCBzs、BBzs、CPhs、BPhs、分析フローを図11.1～11.4に示す。

※臭素系の化合物は、光分解性があるので、蛍光灯を含め、なるべく遮光して操作を行う。

分析に使用する器具類も、なるべく遮光性のものを使用する。

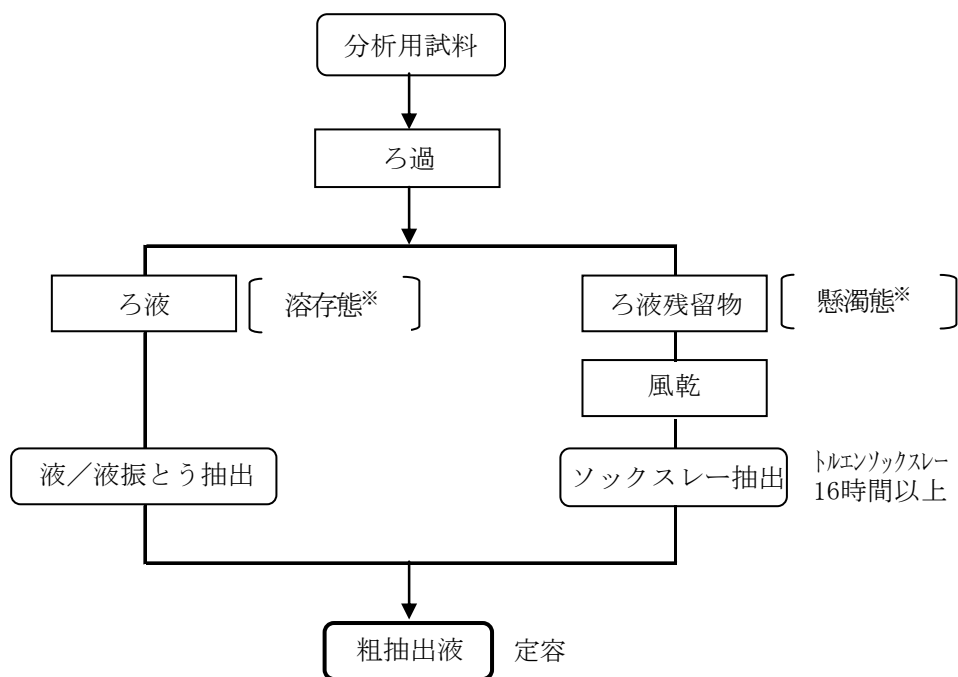


図4 試料の抽出フロー（排水）

※処理後総合排水の溶存態及び懸濁態については、ろ液を溶存態として、また、ろ液残留物を懸濁態として、それぞれの粗抽出液を作成した。

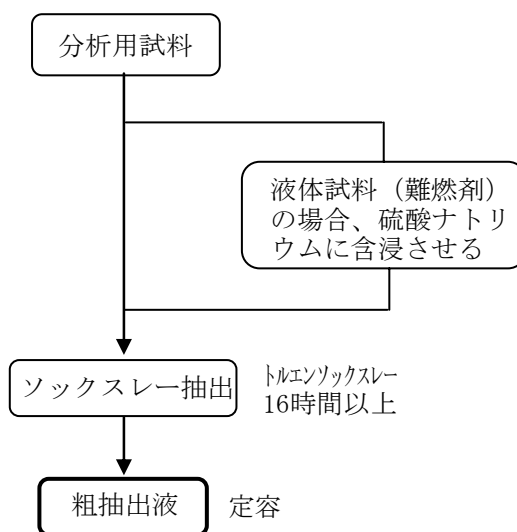


図5 試料の抽出フロー（染料・難燃剤）

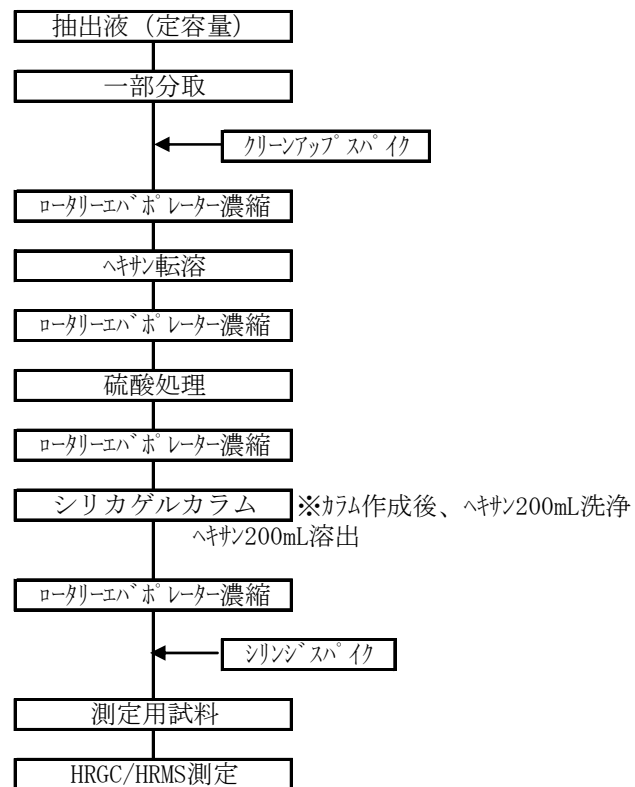


図6 PBDDs/DFs 分析フロー

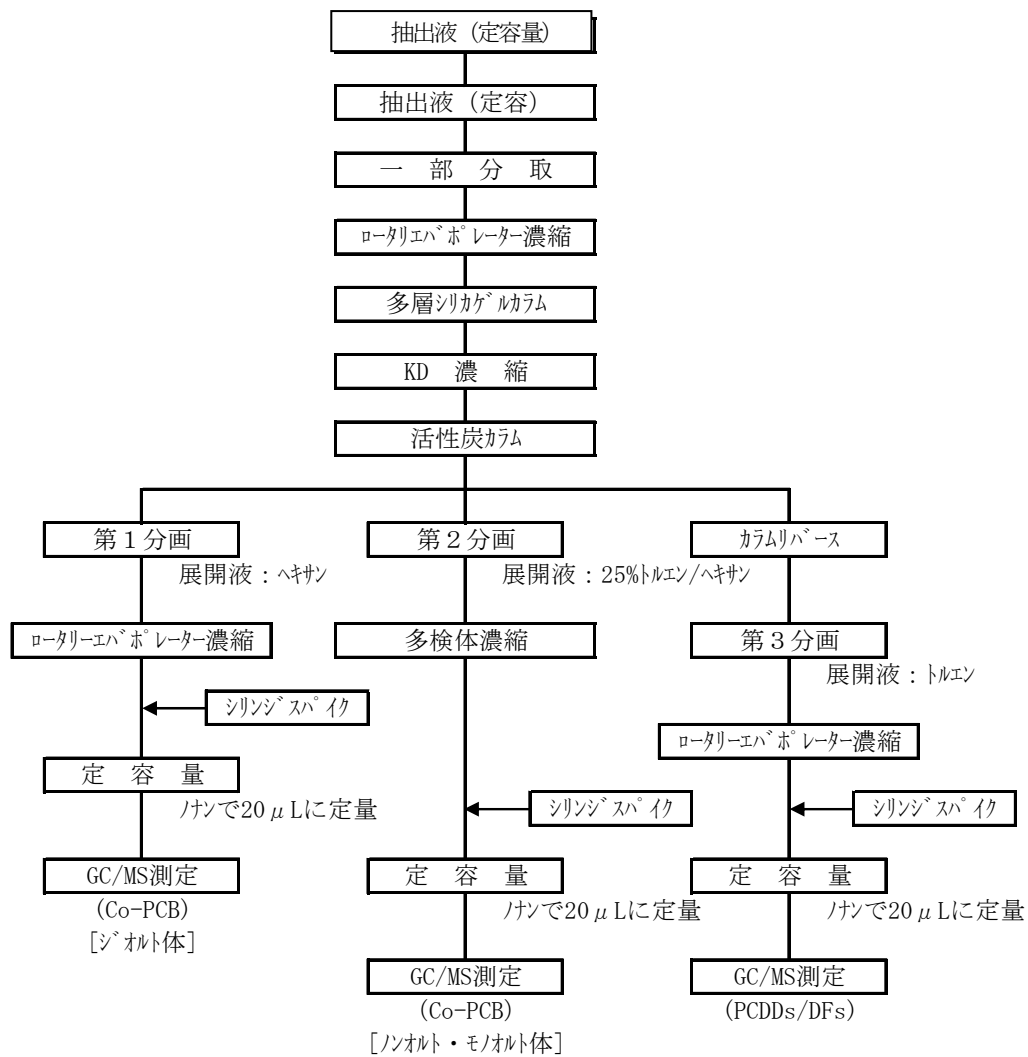


図7 PCDDs/DFs 分析フロー

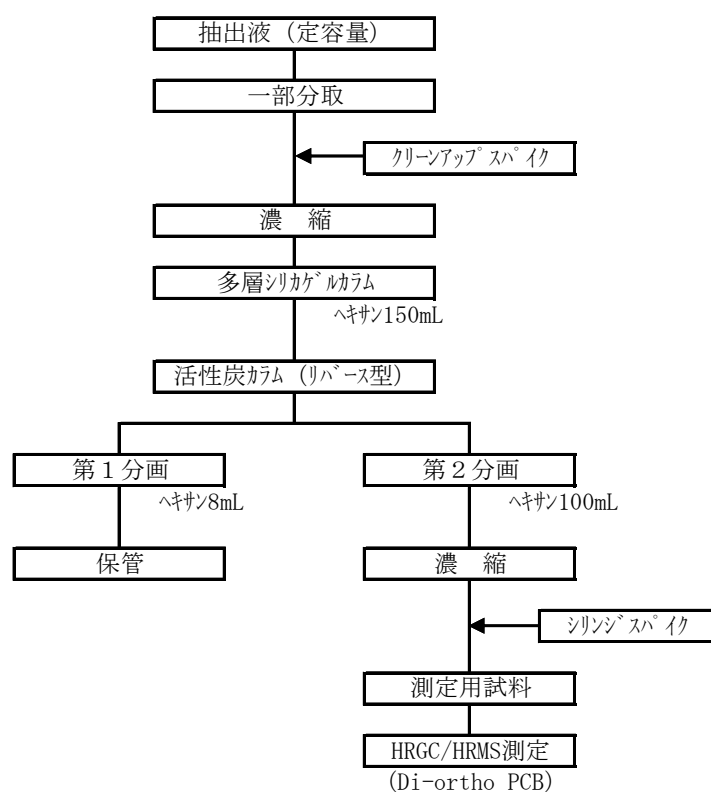


図8 Di-ortho PCB分析フロー

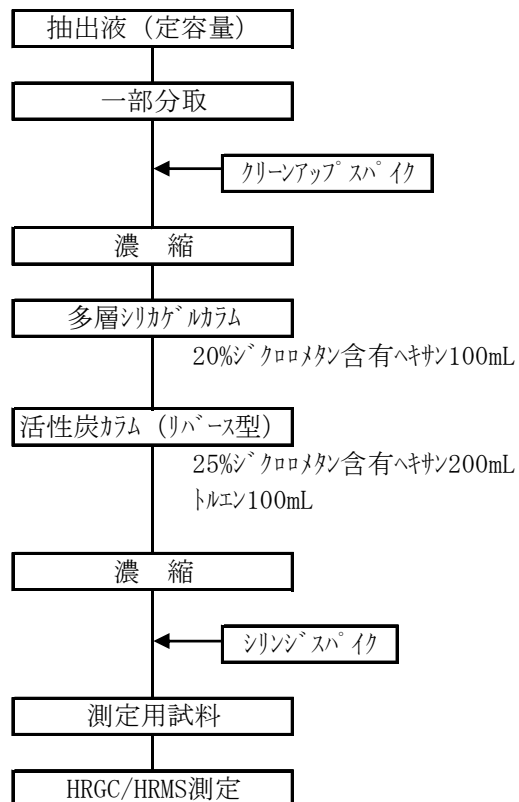


図9 PBDEs分析フロー

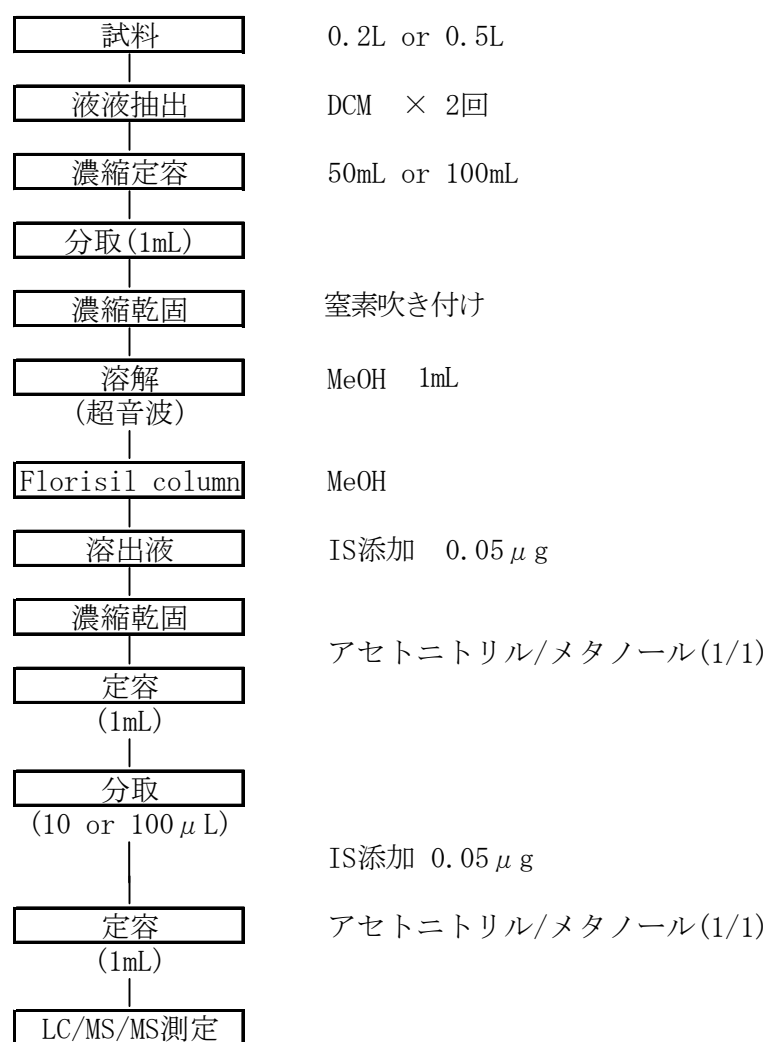


図 10 HBCD 分析フロー

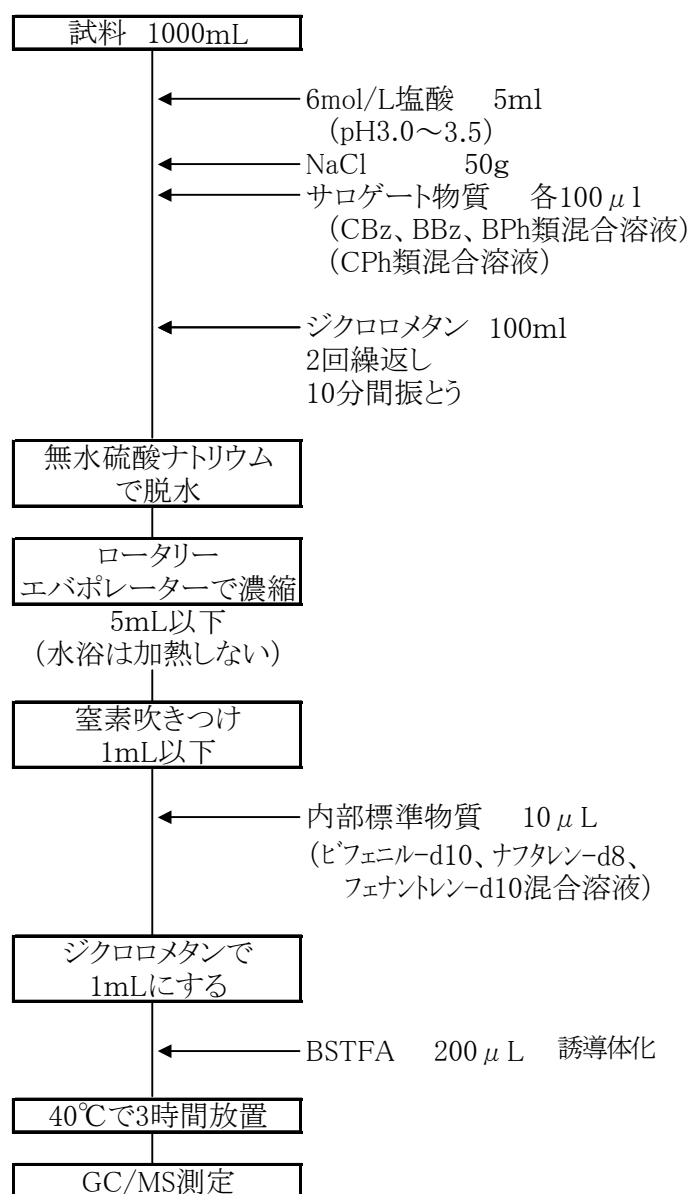


図 11.1 水質中のCBzs、BBzs、CPhs、BPhs 分析フロー

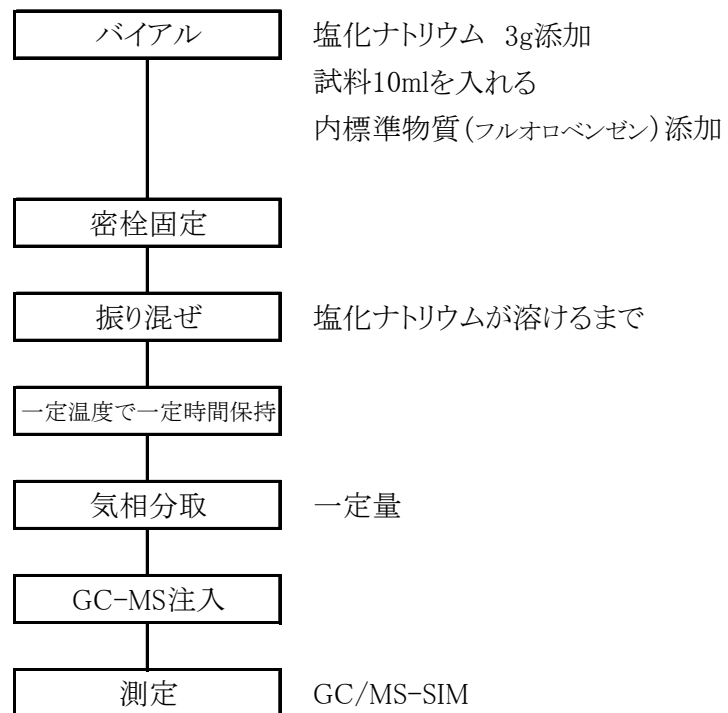


図 11.2 未ろ過試料の CBzs、BBzs、CPhs、BPhs 分析フロー (ヘッドスペース法)

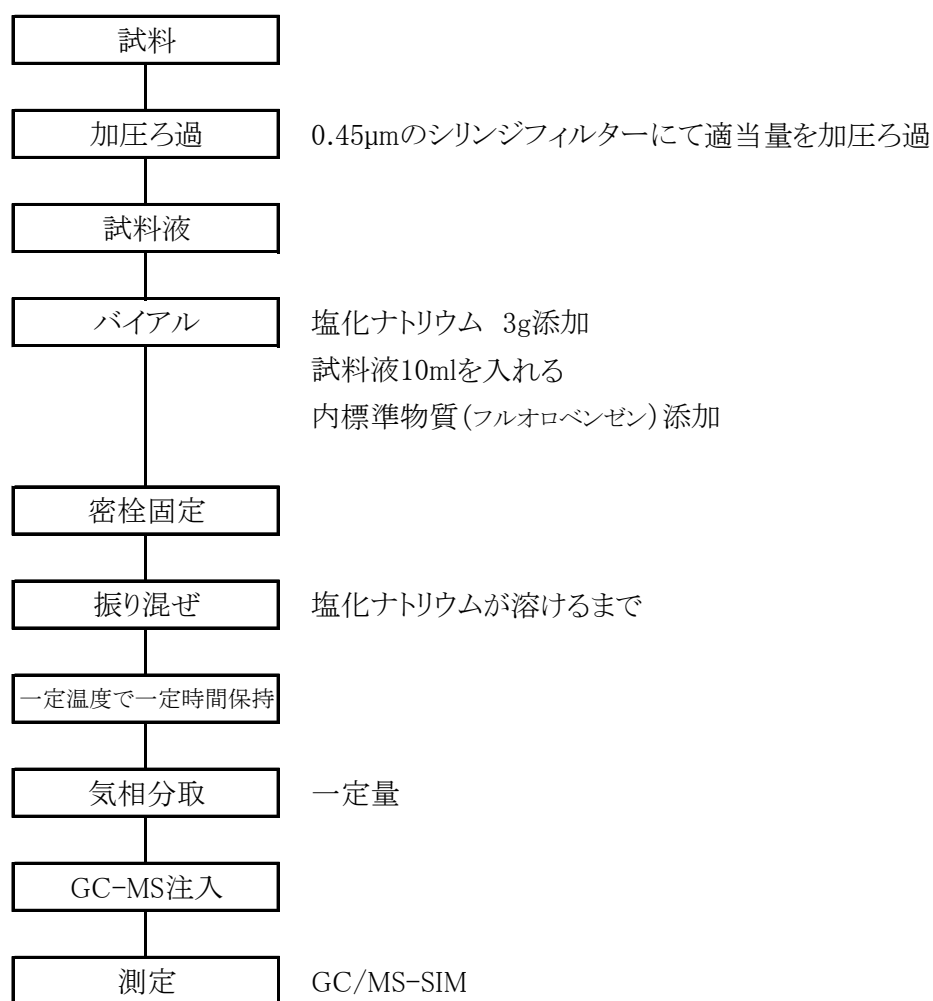


図 11.3 ろ過試料のCBzs、BBzs、CPhs、BPhs 分析フロー (ヘッドスペース法)

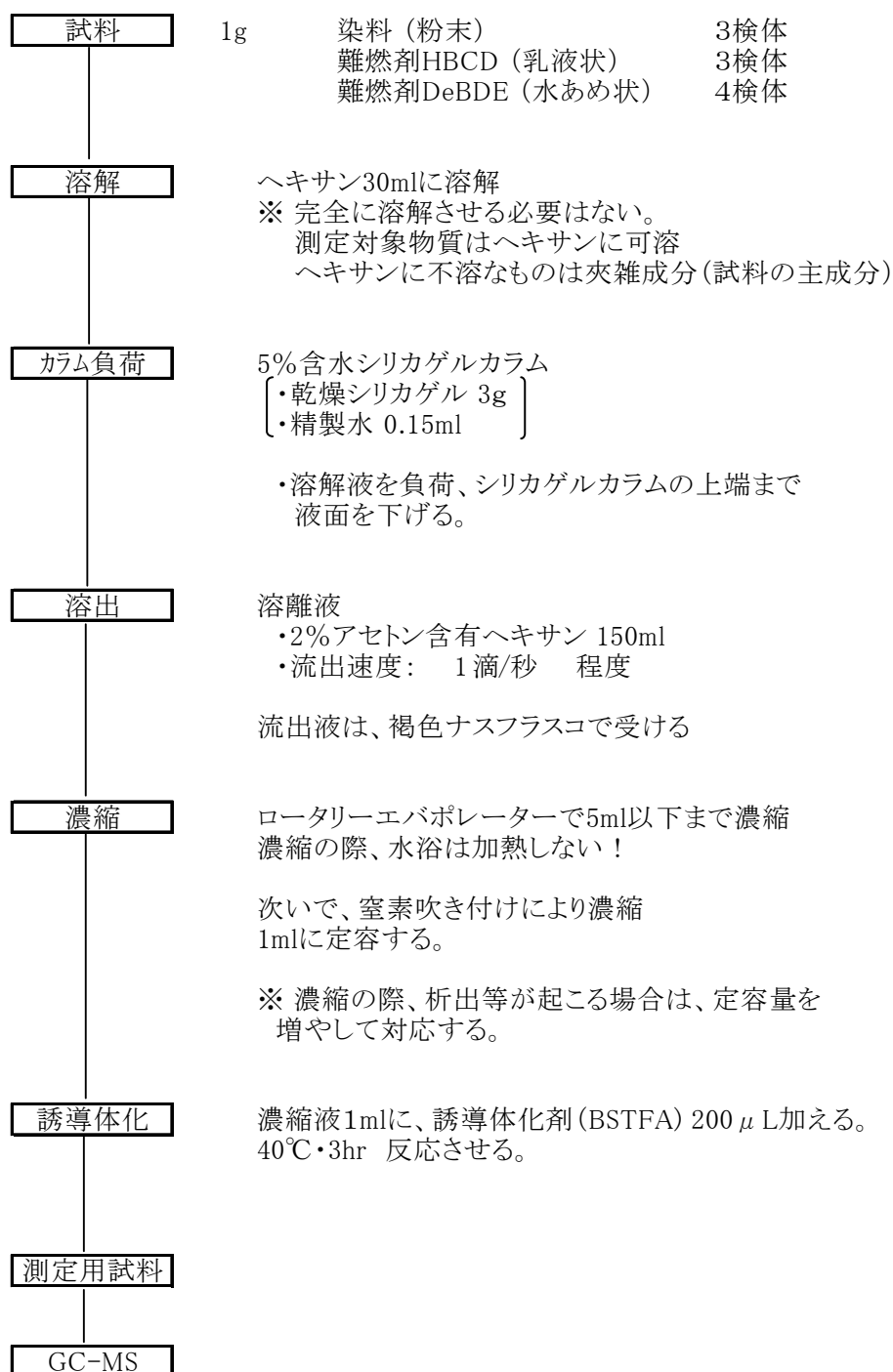


図 11.4 染料・難燃剤中のCBzs、BBzs、CPhs、BPhs、分析フロー

(4) GC/MS 分析条件

1) 臭素化ダイオキシン類(PBDDs/DFs)

1)-1 分析装置

GC : HP-6890 (Agilent 社製)

MS : Autospec Ultima (Micromass 社製)

1)-2 GC 部条件

① 4~6 臭素化体

分離カラム : DB-17 (Agilent 社製)

長さ 30m, 内径 0.32mm, 膜厚 0.25 μ m

カラム温度 : 90°C (2min) $\rightarrow$ (10°C/min) $\rightarrow$ 190°C $\rightarrow$ (5°C/min) $\rightarrow$ 280°C (33min)
 $\rightarrow$ (10°C/min) $\rightarrow$ 310°C (15.3min)

注入口温度 : 260°C

インターフェイス温度 : 260°C

キャリアガス : 1.5mL/min (const flow)

注入方法 : スプリットレス方式

② 7~8 臭素化体

分離カラム : DB-1 (Agilent 社製)

長さ 15m, 内径 0.25mm, 膜厚 0.1 μ m

カラム温度 : 100°C (2min) $\rightarrow$ (20°C/min) $\rightarrow$ 200°C $\rightarrow$ (5°C/min) $\rightarrow$ 300°C (1min)

注入口温度 : 260°C

インターフェイス温度 : 280°C

キャリアガス : He 1.5mL/min (const flow)

注入方法 : スプリットレス方式

1)-3 MS 条件

MS 設定条件及び設定質量数を表-5~表-8 に示す。

① 4~6 臭素化体

• MS 設定条件

表 5 MS 設定条件

イオン化方法	EI
イオン化エネルギー	30~50eV
加速電圧	8kV
イオン化電流	500 μ A
イオン源温度	260°C
分解能	10,000 以上

② 7~8 臭素化体

• MS 設定条件

表 6 MS 設定条件

イオン化方法	EI
イオン化エネルギー	30~50eV
加速電圧	8kV
イオン化電流	500 μ A
イオン源温度	280°C
分解能	10,000 以上

表7 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8 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 -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. 4651	733. 4631
¹³ C ₁₂ -OBDF			809. 3756	811. 3736

2) 塩素化ダイオキシン類(PCDDs/DFs・Co-PCB)

2)-1 分析装置

GC : HP-6890 (Agilent 社製)

MS : Autospec ULTIMA (Micromass 社製)

2)-2 GC 部条件

① PCDDs/DFs 4～6 塩素化体

分離カラム : SP-2331 (SUPELCO 社製)

長さ 60m, 内径 0.32mm, 膜厚 0.2 μ m

カラム温度 : 100°C (2min) $\rightarrow$ 20°C/min $\rightarrow$ 210°C $\rightarrow$ 3°C/min $\rightarrow$ 260°C

注入口温度 : 270°C

インターフェイス温度 : 260°C

キャリアガス : He 125kPa (const press)

注入方法 : スプリットレス方式

② PCDDs/DFs 7～8 塩素化体

分離カラム : DB-17 (Agilent 社製)

長さ 30m, 内径 0.25mm, 膜厚 0.25 μ m

カラム温度 : 150°C (1min) $\rightarrow$ 37.5°C/min $\rightarrow$ 280°C

注入口温度 : 280°C

インターフェイス温度 : 280°C

キャリアガス : He 1.3mL/min (const flow)

注入方法 : スプリットレス方式

③ Co-PCB

分離カラム : RH-12ms (INVENTEX 社製)

長さ 60m, 内径 0.25mm, 膜厚 [未公表]

カラム温度 : 130°C (1min) $\rightarrow$ 20°C/min $\rightarrow$ 210°C $\rightarrow$ 4°C/min $\rightarrow$ 310°C

注入口温度 : 300°C

インターフェイス温度 : 300°C

キャリアガス : He 1.1mL/min (const flow)

注入方法 : スプリットレス方式

2)-3 MS 部条件

MS 設定条件及び設定質量数を表-9～表-15 に示す。

① 4～6 塩素化体

・MS 設定条件

表 9 MS 設定条件

イオン化方法	EI
イオン化エネルギー	30～50eV
加速電圧	8kV
イオン化電流	500 μ A
イオン源温度	260°C
分解能	10,000 以上

② 7～8 塩素化体

・MS 設定条件

表 10 MS 設定条件

イオン化方法	EI
イオン化エネルギー	30～50eV
加速電圧	8kV
イオン化電流	500 μ A
イオン源温度	280℃
分解能	10,000 以上

③ Co-PCB

・MS 設定条件

表 11 MS 設定条件

イオン化方法	EI
イオン化電圧	30～50eV
加速電圧	8kV
イオン化電流	500 μ A
イオン源温度	300℃
分解能	10,000 以上

表 12 設定質量数

	M^+	$(M+2)^+$	$(M+4)^+$
TeCDDs	319.8965	321.8936	
PeCDDs	353.8576	355.8546	
HxCDDs		389.8157	391.8127
HpCDDs		423.7766	425.7737
OCDD		457.7377	459.7348
TeCDFs	303.9016	305.8987	
PeCDFs		339.8597	341.8568
HxCDFs		373.8208	375.8178
HpCDFs		407.7818	409.7789
OCDF		441.7428	443.7399

表 13 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	
$^{13}C_{12}$ -HxCDDs		401.8559	403.8530
$^{13}C_{12}$ -HpCDDs		435.8169	437.8140
$^{13}C_{12}$ -OCDD		469.7779	471.7750
$^{13}C_{12}$ -TeCDFs	315.9419	317.9389	
$^{13}C_{12}$ -PeCDFs		351.9000	353.8970
$^{13}C_{12}$ -HxCDFs		385.8610	387.8570
$^{13}C_{12}$ -HpCDFs		419.8220	421.8191
$^{13}C_{12}$ -OCDF		453.7830	455.7801

表 14 設定質量数

	M^+	$(M+2)^+$	$(M+4)^+$
TeCBs	289.9224	291.9195	
PeCBs		325.8805	327.8776
HxCBs		359.8415	361.8386
HpCBs		393.8025	395.7996

表 15 設定質量数 (内標準物質)

	M^+	$(M+2)^+$	$(M+4)^+$
$^{13}C_{12}$ -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

3) ポリブロモジフェニルエーテル(PBDEs)

3)-1 分析装置

GC : HP-6890 (Agilent 社製)

MS : Autospec ULTIMA (Micromass 社製)

3)-2 GC 部条件

① 1~6 臭素化体

分離カラム : ENV-5MS (関東化学)

30m×0.25mm(id)×0.1μm

カラム温度 : 120°C(1min hold)→20°C/min→180°C→5°C/min→300°C(12min hold)

キャリアガス : He 150kPa (const press)

注入方法 : スプリットレス方式

② 7~10 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 : 120°C(1min hold)→20°C/min→220°C→5°C/min→300°C(18min hold)

キャリアガス : He 100kPa (const press)

注入方法 : スプリットレス方式

3)-3 MS 部条件

MS 設定条件及び設定質量数を表-16~表-19 に示す。

① 1~7 臭素化体

・MS 設定条件

表 16 MS 設定条件

イオン化方法	EI
イオン化電圧	30~50eV
イオン化電流	500μA
加速電圧	8kV
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 塩素化体

・MS 設定条件

表 17 MS 設定条件

イオン化方法	EI
イオン化電圧	30~50eV
イオン化電流	500μA
加速電圧	8kV
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 18 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		
HpBDE s				721. 4406	723. 4386	
OBDE s	※[(M+8)-2Br] ⁺ 641. 5145		※[(M+10)-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	989. 1681

表 19 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 -HpBDE s				733. 4809	735. 4789	
¹³ C ₁₂ -OBDE s	※[(M+8)-2Br] ⁺ 651. 5568		※[(M+10)-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

4) ヘキサブロモシクロドデカン(HBCD)

4)-1 分析装置

LC : Agilent 1100 Series (Agilent 社製)

MS : Thermo Quest TSQ (Thermo Quest 社製)

4)-2 LC 部条件

Agilent 1100 Series

Column : Zorbax Extend - C18 2.1 × 150mm 5 μm

Mobile phase A : 5mM-NH4OAc. Aq. B: CH3CN

A/B=80/20-10min-15/85(15min)-5min-10/90(5min)-5min-80/20(5min)0.17mL/min

Temp : 40°C

Injection : 10 μL

4)-3 MS 部条件

Thermo Quest TSQ

Ionization : ESI - Negative ion

Capillary : 270°C

SRM SRM(m/z) CE (V)

α、β、γ-HBCD 640.7 > 81 (79) 20

α、β、γ-HBCD -13C12 652.7 > 81 (79) 20

5) クロロフェノール類、ブロモフェノール類、クロロベンゼン類、ブロモベンゼン類分析

5)-1 分析装置

GC/MS : GCMS-QP5050A (島津製)

5)-2 GC 部条件

分離カラム : DB-5MS 0.25mm×30m(膜厚 0.25 μ m)
カラム流量 : 1ml/min (He)
オープン昇温条件 : 45°C (2min) $\sim$ 4°C/min $\sim$ 200°C (2min)
He 圧力 : 120kPa(1min)
サンプリング時間 : 1min
気化室温度 : 260°C
インターフェース温度 : 320°C
注入法 : スプリットレス注入 (通常注入)
注入量 : 2 μ l

5)-3 MS 部条件

MS 設定条件及び設定質量数を表 20～表 21 に示す。

表 20 MS 部設定条件

イオン化方法	EI
イオン化エネルギー	70eV

表 21 設定質量数

	物質名	定量	確認 1	確認 2
1	2-クロロフェノール	185.1	187.1	200.1
2	m-クロロフェノール	185.1	187.1	200.1
3	p-クロロフェノール- ¹³ C	191.1	206.1	
4	p-クロロフェノール	185.1	187.1	200.1
5	m-フッロモフェノール	229.1	231.0	246.1
6	4-フッロモフェノール-d4	235.1	247.9	
7	1, 2, 3, 5-テトラクロロベンゼン	215.9	213.9	217.9
8	1, 2, 4, 5-テトラクロロベンゼン	215.9	213.9	217.9
9	2, 5- 2, 6-ジクロロフェノール	219.1	221.0	
10	2, 4-ジクロロフェノール- ¹³ C	225.0	227.0	
11	2, 4-ジクロロフェノール	219.1	221.0	
12	1, 2, 3, 4-テトラクロロベンゼン- ¹³ C	221.9	223.9	
13	1, 2, 3, 4-テトラクロロベンゼン	215.9	213.9	217.9
14	ヒフェニル-d	164.2	164.2	
15	2, 3-ジクロロフェノール	219.1	221.0	
16	1, 3, 5-トリフッロモベンゼン	313.9	315.8	311.8
17	1, 2, 4-トリフッロモベンゼン	313.9	315.8	311.8
18	2, 4, 6-トリクロロフェノール- ¹³ C	261.0	274.1	
19	2, 4, 6-トリクロロフェノール	253.1	255.1	257.1
20	2, 3, 5-トリクロロフェノール	253.1	255.1	257.1
21	2, 4, 5-トリクロロフェノール	253.1	255.1	257.1
22	ヘンタクロロベンゼン- ¹³ C	257.9	259.9	
23	ヘンタクロロベンゼン	249.9	251.9	248.0
24	2, 3, 6-トリクロロフェノール	253.1	255.1	257.1
25	2, 6-ジフッロモフェノール	308.9	310.9	306.9
26	2, 4-ジフッロモフェノール- ¹³ C	313.0	318.7	
27	2, 4-ジフッロモフェノール	308.9	310.9	306.9
28	3, 4, 5-トリクロロフェノール	253.1	255.1	257.1
29	2, 3, 5, 6-テトラクロロフェノール	289.0	287.0	290.9
30	2, 3, 4, 6-テトラクロロフェノール	289.0	287.0	290.9
31	2, 3, 4, 5-テトラクロロフェノール- ¹³ C	297.0	295.0	
32	ヘキサクロロベンゼン- ¹³ C	293.9	254.9	
33	ヘキサクロロベンゼン	283.9	285.9	288.9
34	2, 3, 4, 5-テトラクロロフェノール	289.0	287.0	290.9
35	1, 2, 4, 5-テトラフッロモベンゼン	393.9	391.9	395.7
36	1, 2, 3, 5-テトラフッロモベンゼン	393.9	391.9	395.7
37	2, 4, 6-トリフッロモフェノール	388.9	386.9	384.9
38	2, 4, 5-トリフッロモフェノール- ¹³ C	392.9	394.6	
39	2, 4, 5-トリフッロモフェノール	388.9	386.9	384.9
40	フェナントレン-d	188.2	188.2	
41	2, 3, 4-トリフッロモフェノール	388.9	386.9	384.9
42	ヘンタクロロフェノール- ¹³ C	330.9	328.9	
43	ヘンタクロロフェノール	322.9	324.9	320.9
44	ヘキサフッロモベンゼン	551.9	550.0	548.4

(5)検出下限値

1)PBDDs/DFs

表 22 PBDDs/DFs 検出下限値一覧表

試料の種類	排水	試験機廃液	難燃剤・染料
単位	pg/L	pg/L	ng/g
2, 3, 7, 8-TeBDD	2	3	0.02
1, 2, 3, 7, 8-PeBDD	2	3	0.02
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxBDD	10	30	0.1
1, 2, 3, 6, 7, 8-HxBDD	10	30	0.1
1, 2, 3, 7, 8, 9-HxBDD	10	30	0.1
HpBDDs	6	10	0.06
OBDD	50	100	0.5
2, 3, 7, 8-TeBDF	0.8	2	0.008
1, 2, 3, 7, 8-PeBDF	4	8	0.04
2, 3, 4, 7, 8-PeBDF	4	7	0.04
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxBDF	10	30	0.1
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpBDF	6	10	0.06
OBDF	40	70	0.4

2) PCDDs/DFs 及び Co-PCB

表 23 PCDDs/DFs 及び Co-PCB 検出下限値一覧表

試料の種類	排水	試験機廃液	染料・難燃剤
単位	pg/L	pg/L	ng/g
2, 3, 7, 8-TeCDD	0.3	0.6	0.003
1, 2, 3, 7, 8-PeCDD	0.3	0.7	0.003
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDD	0.6	1	0.006
1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDD	0.6	1	0.006
1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDD	0.5	1	0.005
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD	0.5	1	0.005
OCDD	1	3	0.01
2, 3, 7, 8-TeCDF	0.3	0.5	0.003
1, 2, 3, 7, 8 + 1, 2, 3, 4, 8-PeCDF	0.4	0.7	0.004
2, 3, 4, 7, 8-PeCDF	0.3	0.6	0.003
1, 2, 3, 4, 7, 8 + 1, 2, 3, 4, 7, 9-HxCDF	0.5	1	0.005
1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDF	0.5	1	0.005
1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDF	0.5	1	0.005
2, 3, 4, 6, 7, 8-HxCDF	0.5	1	0.005
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDF	0.5	1	0.005
1, 2, 3, 4, 7, 8, 9-HpCDF	0.5	1	0.005
OCDF	1	3	0.01
3, 4, 4', 5-TeCB (#81)	0.3	0.6	0.003
3, 3', 4, 4'-TeCB (#77)	0.2	0.5	0.002
2', 3, 4, 4', 5-PeCB (#123)	0.3	0.5	0.003
2, 3', 4, 4', 5-PeCB (#118)	0.5	1	0.005
2, 3, 4, 4', 5-PeCB (#114)	0.3	0.5	0.003
2, 3, 3', 4, 4'-PeCB (#105)	0.4	0.8	0.004
3, 3', 4, 4', 5-PeCB (#126)	0.3	0.6	0.003
2, 3', 4, 4', 5, 5'-HxCB (#167)	0.3	0.5	0.003
2, 3, 3', 4, 4', 5-HxCB (#156)	0.3	0.6	0.003
2, 3, 3', 4, 4', 5'-HxCB (#157)	0.3	0.5	0.003
3, 3', 4, 4', 5, 5'-HxCB (#169)	0.3	0.5	0.003
2, 2', 3, 4, 4', 5, 5'-HpCB (#180)	0.3	0.6	0.003
2, 2', 3, 3', 4, 4', 5-HpCB (#170)	0.3	0.6	0.003
2, 3, 3', 4, 4', 5, 5'-HpCB (#189)	0.3	0.6	0.003

3)PBDEs

表 24 PBDEs 検出下限値一覧表

試料の種類	排水	試験機廃液	染料・難燃剤
単位	ng/L	ng/L	ng/g
MoBDEs	0.002	0.004	0.02
4,4'-DiBDE (#15)	0.0007	0.001	0.007
DiBDE s	0.0007	0.001	0.007
2,4,4'-TrBDE (#28)	0.002	0.003	0.02
TrBDEs	0.002	0.003	0.02
2,2',4,4'-TeBDE (#47)	0.003	0.006	0.03
TeBDEs	0.003	0.006	0.03
2,2',4,4',6-PeBDE (#100)	0.004	0.007	0.04
2,2',4,4',5-PeBDE (#99)	0.004	0.008	0.04
PeBDEs	0.004	0.007	0.04
2,2',4,4',5,6'-HxBDE (#154)	0.006	0.03	0.06
2,2',4,4',5,5'-HxBDE (#153)	0.01	0.01	0.1
HxBDEs	0.006	0.01	0.06
2,2',3,4,4',5',6-HpBDE (#183)	0.002	0.003	0.02
HpBDEs	0.002	0.003	0.02
OBDE s	0.004	0.007	0.04
NoBDEs	0.009	0.02	0.09
2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'-DeBDE (#209)	0.03	0.07	0.3

4)HBCD

表 25 HBCD 検出下限値一覧表

試料の種類	排水	試験機廃液
単位	mg/L	mg/L
HBCD	0.001	0.001

5)CBzs

表 26 CBzs 検出下限値一覧表

試料の種類	排水	試験機廃液	染料・難燃剤
単位	μg/L	μg/L	μg/kg
MoCBz	(0.03)	(0.03)	(1)
DiCBz	(0.01)	(0.01)	(0.6)
TrCBz	(0.008)	(0.008)	(0.4)
TeCBz	0.001 (0.08)	0.001 (0.08)	1 (4)
PeCBz	0.001 (0.09)	0.001 (0.09)	1 (4)
HxCBz	0.001 (0.2)	0.001 (0.2)	1 (11)

注) 数値は誘導体化GC/MS法、()内数値はヘッドスペース法

6)BBzs

表 27 BBzs 検出下限値一覧表

試料の種類	排水	試験機廃液	染料・難燃剤
単位	$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/kg}$
MoBBz	(0.02)	(0.02)	(1)
DiBBz	(0.02)	(0.02)	(1)
TrBBz	0.004(0.07)	0.004(0.07)	(3)
TeBBz	0.002	0.002	2(13)
HxBBz	0.009	0.009	9

注) 数値は誘導体化 GC/MS 法、()内数値はヘッドスペース法

7)CPhs

表 28 CPhs 検出下限値一覧表

試料の種類	排水	試験機廃液	染料・難燃剤
単位	$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/kg}$
MoCPh	0.0002	0.0002	1
DiCPh	0.0007	0.0007	1
TrCPh	0.002	0.002	2
TeCPh	0.003	0.003	3
PeCPhs	0.004	0.004	4

注) 数値は誘導体化 GC/MS 法

8)BPhs

表 29 BPhs 検出下限値一覧表

試料の種類	排水	試験機廃液	染料・難燃剤
単位	$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/kg}$
MoBPhs	0.003	0.003	3
DiBPhs	0.001	0.001	1
TrBPhs	0.004	0.004	2

注) 数値は誘導体化 GC/MS 法

1-5 調査結果（総括表）

1-5-1 臭素化ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類(PBDDs/DFs・PCDDs/DFs・Co-PCB)

(1) 施設の排水

試料は 15 分間隔で採水した試料をコンポジットしたものである。難燃繊維加工施設における臭素化ダイオキシン類等の排出実態についてのまとめを以下に示す。

なお、臭素化ダイオキシン類については、国際的に同意が得られた毒性等価係数(TEF)はないが、IPCS 環境保健クライテリアにおいて、ある種の臭素化ダイオキシン類同族体とその対応する塩素化物の間には、毒性学的な類似性が存在するように考えられており、塩素化ダイオキシン類異性体に用いられている TEF を、対応する臭素化ダイオキシン類異性体に適用してもよいのではないかと考えられている。このため、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、実測濃度に塩素化ダイオキシン類の WHO-TEF (1998) を掛けて求めた毒性等量相当値についても、参考値として併せて示している。

① 臭素化ダイオキシン類 (PBDDs/DFs)

PBDDs/DFs は、14 検体中全検体で検出され、実測濃度は処理前総合排水で PBDDs/DFs が平均 17,000pg/L(560～37,000pg/L)、PBDDs が平均 590pg/L(N.D.～2,200pg/L)、PBDFs が平均 16,000pg/L(560～36,000pg/L)であった。処理後総合排水については、PBDDs/DFs が平均 12,000pg/L(18～37,000pg/L)、PBDDs が平均 590pg/L(ND～2,400pg/L)、PBDFs が平均 12,000pg/L(18～35,000pg/L)であった。処理後総合排水の懸濁態 PBDDs/DFs は平均 14,000pg/L(10～33,000pg/L)、PBDDs が平均 760pg/L(ND～2300pg/L)、PBDFs が平均 13,000pg/L(10～31,000pg/L)であった。処理後総合排水の溶存態は PCDDs/DFs が平均 2,300pg/L(8～4,000pg/L)、PBDDs が平均 30pg/L(ND～100pg/L)、PBDFs が平均 2,200pg/L(8～3,900pg/L)であった。

また、毒性等量相当値は、処理前総合排水で平均 28pg-TEQ/L(1.3～63pg-TEQ/L)、処理後総合排水で平均 20pg-TEQ/L(0.15～62pg-TEQ/L)、処理後総合排水の懸濁態で平均 21pg-TEQ/L(0.08～59pg-TEQ/L)、処理後総合排水の溶存態で平均 5.5pg-TEQ/L(0.07～15pg-TEQ/L)であった。

同族体パターンは、OBDF、HpBDFs の比率が高かった。(別図-1 媒体別同族体組成 図1～図3 参照)

※処理後総合排水の溶存態及び懸濁態については、ろ液を溶存態、ろ液残留物を懸濁態とした。(図4 試料の抽出フロー(排水) 参照)

※処理前総合排水の平均値及び検出範囲データは、表-30 又は 31 の B-1 施設①処理前総合排水-1、②処理前総合排水-2、表-32 又は 33 の B-2 施設⑨処理前総合排水-1、⑩処理前総合排水-2、表-34 又は 35 の B-3 施設⑮処理前総合排水-1、⑯処理前総合排水-2 による。

※処理後総合排水の平均値及び検出範囲データは、表-30 又は 31 の B-1 施設③処理後総合排水(No1)-1、処理後総合排水(No1)-2④懸濁態と⑤溶存態の合計値、⑥処理後総合排水(No2)-1、処理後総合排水(No2)-2⑦懸濁態と⑧溶存態の合計値、表-32 又は 33 の B-2 施設処理後総合排水-1⑪懸濁態と⑫溶存態の合計値、処理後総合排水-2⑬懸濁態と⑭溶存態の合計値、表-34 又は 35 の B-3 施設処理後総合排水-1⑰懸濁態と⑱溶存態の合計値、処理後総合排水-2⑲懸濁態と⑳溶存態の合計値による。

※処理後総合排水の懸濁態の平均値及び検出範囲データは、表-30 又は 31 の B-1 施設処理後総合排水(No1)-2④懸濁態、処理後総合排水(No2)-2⑦懸濁態、表-32 又は 33 の B-2 施設処理後総合排水-1⑪懸濁態、処理後総合排水-2⑬懸濁態、表-34 又は 35 の B-3 施設処理後総合排水-1⑰懸濁態、処理後総合排水-2⑲懸濁態による。

※処理後総合排水の溶存態の平均値及び検出範囲データは、表-30 又は 31 の B-1 施設処理後総合排水(No1)-2⑤溶存態、処理後総合排水(No2)-2⑧溶存態、表-32 又は 33 の B-2 施設処理後総合排水-1⑫溶存態、処理後総合排水-2⑭溶存態、表-34 又は 35 の B-3 施設処理後総合排水-1⑱溶存態、処理後総合排水-2⑳溶存態による。

注) 平均値の算出は、上記の※各試料の実測濃度または毒性等量相当値の合計値を試料数で除して求めた。

② 塩素化ダイオキシン類 (PCDDs/DFs・Co-PCB)

PCDDs/DFs 及び Co-PCB は、14 検体中全検体で検出され、実測濃度は処理前総合排水で PCDDs/DFs 及び Co-PCB が平均 1,100pg/L (350～3,200pg/L)、PCDDs/DFs が平均 790pg/L (290～2,500pg/L)、Co-PCB が平均 300pg/L (47～620pg/L) であった。処理後総合排水については、PCDDs/DFs 及び Co-PCB が平均 480pg/L (110～1,100pg/L)、PCDDs/DFs が平均 340pg/L (57～790pg/L)、Co-PCB が平均 130pg/L (56～330pg/L) であった。処理後総合排水の懸濁態 PCDDs/DFs 及び Co-PCB は平均 350pg/L (65～570pg/L)、PCDDs/DFs が平均 260pg/L (19～440pg/L)、Co-PCB が平均 82pg/L (27～140pg/L) であった。処理後総合排水の溶存態 PCDDs/DFs 及び Co-PCB は平均 210pg/L (48～550pg/L)、PCDDs/DFs が平均 140pg/L (38～360pg/L)、Co-PCB が平均 77pg/L (9.8～190pg/L) であった。

また、毒性等量は、処理前総合排水で平均 8.7pg-TEQ/L (1.9～30pg-TEQ/L)、処理後総合排水で平均 2.2pg-TEQ/L (0.51～5.4pg-TEQ/L)、処理後総合排水の懸濁態で平均 1.5pg-TEQ/L (0.27～3.9pg-TEQ/L)、処理後総合排水の溶存態で平均 1.0pg-TEQ/L (0.24～1.5pg-TEQ/L) であった。

同族体パターンは、OCDD、HpCDDs、TeCDFs、PeCDFs などの比率が高かった。(別図-1 媒体別同族体組成 図6～図8 参照)

表 30 排水中の分析結果 (毒性等量又は毒性等量相当値) (pg-TEQ/L)

物質名	B-1 施設				
	①処理前 総合排水-1	②処理前 総合排水-2	③処理後 総合排水 (No1)-1	処理後総合排水 (No1)-2	
				④懸濁態	⑤溶存態
PBDDs/DFs (TEQ)	1.3 (6.4)	6.6 (11)	0.21 (5.3)	0.08 (5.2)	0.07 (5.2)
PCDDs/DFs (TEQ)	3.7 (4.1)	3.0 (3.5)	0.56 (1.1)	0.12 (0.67)	0.24 (0.77)
Co-PCB (TEQ)	0.58 (0.58)	0.23 (0.24)	0.092 (0.092)	0.15 (0.15)	0.00075 (0.017)
PCDDs/DFs, Co-PCB (TEQ)	4.3 (4.7)	3.2 (3.8)	0.65 (1.2)	0.27 (0.83)	0.24 (0.78)

物質名	B-1 施設		
	⑥処理後 総合排水 (No2)-1	処理後総合排水 (No2)-2	
		⑦懸濁態	⑧溶存態
PBDDs/DFs (TEQ)	0.57 (5.7)	0.33 (5.4)	0.10 (5.2)
PCDDs/DFs (TEQ)	1.6 (2.1)	0.62 (1.1)	0.92 (1.4)
Co-PCB (TEQ)	0.081 (0.081)	0.0029 (0.019)	0.043 (0.044)
PCDDs/DFs, Co-PCB (TEQ)	1.7 (2.2)	0.62 (1.2)	0.96 (1.5)

注 1) PBDDs/DFs (TEQ) は、WHO-TEF (1998) による PCDDs/DFs に準じて算出した参考値である。

注 2) PCDDs/DFs, Co-PCB (TEQ) は、WHO-TEF (1998) による PCDDs/DFs の TEF を用いて算出した値である。

注 3) 毒性等量又は毒性等量相当値の欄の上段の数値は検出下限未満の値を「0」として算出した場合のものであり、下段の () 内の数値は、検出下限未満の値を検出下限の 1/2 として算出した場合のものである。

表 31 排水中の分析結果（実測濃度）（pg/L）

物質名		B-1 施設				
		①処理前 総合排水-1	②処理前 総合排水-2	③処理後 総合排水 (No1)-1	処理後総合排水 (No1)-2	
					④懸濁態	⑤溶存態
	PBDDs	N. D.	250	N. D.	N. D.	N. D.
	PBDFs	560	1, 200	91	10	8. 0
	PBDDs/DFs	560	1, 400	91	10	8. 0
	PCDDs/DFs	380	430	97	19	38
	Co-PCB	460	180	59	46	9. 8
	PCDDs/DFs, Co-PCB	840	610	160	65	48

物質名		B-1 施設		
		⑥処理後 総合排水 (No2)-1	処理後総合排水 (No2)-2	
			⑦懸濁態	⑧溶存態
	PBDDs	N. D.	N. D.	N. D.
	PBDFs	280	98	15
	PBDDs/DFs	280	98	15
	PCDDs/DFs	200	120	110
	Co-PCB	71	27	29
	PCDDs/DFs, Co-PCB	280	150	140

注 1) 実測濃度の表中の「N. D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 32 排水中の分析結果（毒性等量又は毒性等量相当値）（pg-TEQ/L）

物質名		B-2 施設					
		⑨処理前総 合排水-1	⑩処理前総 合排水-2	処理後総合排水-1		処理後総合排水-2	
				⑪懸濁態	⑫溶存態	⑬懸濁態	⑭溶存態
	PBDDs/DFs (TEQ)	63 (68)	31 (36)	45 (50)	2. 6 (7. 7)	59 (64)	3. 3 (8. 4)
	PCDDs/DFs (TEQ)	7. 7 (8. 1)	1. 9 (2. 4)	2. 9 (3. 4)	1. 2 (1. 7)	3. 7 (4. 2)	1. 5 (2. 0)
	Co-PCB (TEQ)	0. 053 (0. 053)	0. 062 (0. 062)	0. 15 (0. 15)	0. 0039 (0. 020)	0. 11 (0. 11)	0. 045 (0. 047)
	PCDDs/DFs, Co-PCB (TEQ)	7. 7 (8. 2)	1. 9 (2. 4)	3. 1 (3. 6)	1. 2 (1. 7)	3. 9 (4. 4)	1. 5 (2. 0)

注 1) PBDDs/DFs (TEQ) は、WHO-TEF (1998) による PCDDs/DFs に準じて算出した参考値である。

注 2) PCDDs/DFs, Co-PCB (TEQ) は、WHO-TEF (1998) による PCDDs/DFs の TEF を用いて算出した値である。

注 3) 毒性等量又は毒性等量相当値の欄の上段の数値は検出下限未満の値を「0」として算出した場合のものであり、下段の（ ）内の数値は、検出下限未満の値を検出下限の 1/2 として算出した場合のものである。

表 33 排水中の分析結果（実測濃度）（pg/L）

物質名		B-2 施設					
		⑨処理前総合排水-1	⑩処理前総合排水-2	処理後総合排水-1		処理後総合排水-2	
				⑪懸濁態	⑫溶存態	⑬懸濁態	⑭溶存態
PBDDs		2,200	780	2100	100	2,300	80
PBDFs		26,000	36,000	30,000	3,000	31,000	3,900
PBDDs/DFs		28,000	37,000	32,000	3,100	33,000	4,000
PCDDs/DFs		290	320	250	49	330	63
Co-PCB		64	47	64	32	82	40
PCDDs/DFs, Co-PCB		350	370	320	81	410	100

表 34 排水中の分析結果（毒性等量又は毒性等量相当値）（pg-TEQ/L）

物質名		B-3 施設					
		⑮処理前総合排水-1	⑯処理前総合排水-2	処理後総合排水-1		処理後総合排水-2	
				⑰懸濁態	⑱溶存態	⑲懸濁態	⑳溶存態
PBDDs/DFs (TEQ)		43 (46)	25 (29)	14 (18)	12 (16)	8.2 (13)	15 (18)
PCDDs/DFs (TEQ)		30 (30)	4.6 (4.8)	0.58 (1.1)	1.3 (1.6)	0.64 (1.1)	0.62 (1.1)
Co-PCB (TEQ)		0.22 (0.22)	0.12 (0.12)	0.016 (0.032)	0.10 (0.10)	0.069 (0.069)	0.088 (0.089)
PCDDs/DFs, Co-PCB (TEQ)		30 (30)	4.8 (5.0)	0.60 (1.1)	1.4 (1.7)	0.71 (1.2)	0.71 (1.2)

注 1) PBDDs/DFs (TEQ) は、WHO-TEF (1998) による PCDDs/DFs に準じて算出した参考値である。

注 2) PCDDs/DFs, Co-PCB (TEQ) は、WHO-TEF (1998) による PCDDs/DFs の TEF を用いて算出した値である。

注 3) 毒性等量又は毒性等量相当値の欄の上段の数値は検出下限未満の値を「0」として算出した場合のものであり、下段の（ ）内の数値は、検出下限未満の値を検出下限の 1/2 として算出した場合のものである。

表 35 排水中の分析結果（実測濃度）（pg/L）

物質名		B-3 施設					
		⑮処理前総合排水-1	⑯処理前総合排水-2	処理後総合排水-1		処理後総合排水-2	
				⑰懸濁態	⑱溶存態	⑲懸濁態	⑳溶存態
PBDDs		150	150	60	N. D.	70	N. D.
PBDFs		19,000	14,000	9,600	3,100	8,700	3,300
PBDDs/DFs		19,000	14,000	9,600	3,100	8,800	3,300
PCDDs/DFs		2,500	820	430	360	440	200
Co-PCB		620	410	140	190	130	160
PCDDs/DFs, Co-PCB		3,200	1,200	570	550	570	360

注 1) 実測濃度の表中の「N. D.」は、検出下限未満であることを示す。

(2) 試作染色試験による廃液

① 臭素化ダイオキシン類 (PBDDs/DFs)

PBDDs/DFs は、4 検体中 1 検体で検出され、実測濃度は難燃加工後廃液(B) で PBDDs/DFs が 90pg/L、PBDDs が N. D.、PBDFs が 90pg/L であった。

また、毒性等量相当値は、0.009pg-TEQ/L であった。

同族体パターンは、OBDF のみが検出された。(別図-1 媒体別同族体組成 図 4 参照)

② 塩素化ダイオキシン類 (PCDDs/DFs・Co-PCB)

PCDDs/DFs 及び Co-PCB は、4 検体中全検体で検出され、実測濃度では PCDDs/DFs 及び Co-PCB が平均 42pg/L (15～62pg/L)、PCDDs/DFs が平均 5.0pg/L (N.D.～13pg/L)、Co-PCB が平均 37pg/L (15～50pg/L) であった。また、毒性等量は、平均 0.055pg-TEQ/L (0.0011～0.12pg-TEQ/L) であった。同族体パターンは、OCDD の比率が高かった。(別図-1 媒体別同族体組成 図9 参照)

表 36 試作染色試験による廃液の分析結果 (毒性等量又は毒性等量相当値) (pg-TEQ/L)

物質名	B-1 施設			
	染色後 廃液(A)	染色後 廃液(B)	難燃加工後 廃液(A)	難燃加工後 廃液(B)
PBDDs/DFs (TEQ)	0 (11)	0 (11)	0 (11)	0.009 (11)
PCDDs/DFs (TEQ)	0.0012 (1.2)	0 (1.2)	0 (1.2)	0.0006 (1.2)
Co-PCB (TEQ)	0.12 (0.12)	0.0026 (0.035)	0.0011 (0.034)	0.096 (0.099)
PCDDs/DFs, Co-PCB (TEQ)	0.12 (1.3)	0.0026 (1.2)	0.0011 (1.2)	0.097 (1.3)

注 1) PBDDs/DFs (TEQ) は、WHO-TEF (1998) による PCDDs/DFs に準じて算出した参考値である。

注 2) PCDDs/DFs, Co-PCB (TEQ) は、WHO-TEF (1998) による PCDDs/DFs の TEF を用いて算出した値である。

注 3) 毒性等量又は毒性等量相当値の欄の上段の数値は検出下限未満の値を「0」として算出した場合のものであり、下段の () 内の数値は、検出下限未満の値を検出下限の 1/2 として算出した場合のものである。

表 37 試作染色試験による廃液の分析結果 (実測濃度) (pg/L)

物質名	B-1 施設			
	染色後 廃液(A)	染色後 廃液(B)	難燃加工後 廃液(A)	難燃加工後 廃液(B)
PBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PBDFs	N.D.	N.D.	N.D.	90
PBDDs/DFs	N.D.	N.D.	N.D.	90
PCDDs/DFs	13	N.D.	N.D.	7
Co-PCB	50	34	15	48
PCDDs/DFs, Co-PCB	62	34	15	55

注 1) 実測濃度の表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

(3) 難燃剤及び染料等

① 臭素化ダイオキシン類 (PBDDs/DFs)

PBDDs/DFs は、10 検体中 9 検体で検出され、実測濃度は染料で PBDDs/DFs が平均 3.6ng/g (2.9～4.2ng/g)、PBDDs が平均 0.007ng/g (N.D.～0.02ng/g)、PBDFs が平均 3.6ng/g (2.9～4.2ng/g) であった。難燃剤 (HBCD) については、PBDDs/DFs が平均 0.2ng/g (N.D.～0.5ng/g)、PBDDs がいずれも N.D.、PBDFs が平均 0.2ng/g (N.D.～0.5ng/g) であった。難燃剤 (DeBDE 及びその調合品) は平均 7,100ng/g (4,100～11,000pg/L)、PBDDs が平均 89ng/g (56～160ng/g)、PBDFs が平均 6,800ng/g (4,000～10,000ng/g) であった。また、毒性等量相当値は、染料で平均 0.20ng-TEQ/g (0.17～0.22ng-TEQ/g)、難燃剤 (HBCD) で平均 0.00022ng-TEQ/g (0～0.0006ng-TEQ/g)、難燃剤 (DeBDE 及びその調合品) で平均 14ng-TEQ/g (9.4～25ng-TEQ/g) であった。同族体パターンは、染料では TeBDFs、PeBDFs、難燃剤 (HBCD、DeBDE 及びその調合品) では OBDF、HpBDFs の比率が高かった。(別図-1 媒体別同族体組成 図5 参照)

② 塩素化ダイオキシン類 (PCDDs/DFs・Co-PCB)

PCDDs/DFs 及び Co-PCB は、10 検体中全検体で検出され、実測濃度は染料で PCDDs/DFs 及び Co-PCB が平均 68ng/g (5.3～160ng/g)、PCDDs/DFs が平均 60ng/g (2.3～140ng/g)、Co-PCB が平均 11ng/g (0.96～29ng/g) であった。難燃剤 (HBCD) については、PCDDs/DFs 及び Co-PCB が平均 0.050ng/g (0.039～0.064ng/g)、PCDDs/DFs が平均 0.031ng/g (0.017～0.039ng/g)、Co-PCB が平均 0.19ng/g (0.009～0.025ng/g) であった。難燃剤 (DeBDE 及びその調合品) は PCDDs/DFs 及び Co-PCB が平均 0.045ng/g (0.031～0.067ng/g)、PCDDs/DFs が平均 0.017ng/g (0.010～0.021ng/g)、Co-PCB が平均 0.028ng/g (0.010～0.046ng/g) であった。

また、毒性等量相当値は、染料で平均 0.055ng-TEQ/g (0.020～0.082ng-TEQ/g)、難燃剤 (HBCD) で平均 0.0010ng-TEQ/g (0.00080～0.0013ng-TEQ/g)、難燃剤 (DeBDE 及びその調合品) で平均 0.016ng-TEQ/g (0.0000022～0.064ng-TEQ/g) であった。

同族体パターンは、染料では OCDD、難燃剤 (HBCD) では HxCDDs、難燃剤 (DeBDE 及びその調合品) では HpCDDs、OCDD の比率が高かった。(別図-1 媒体別同族体組成 図10 参照)

表 38 難燃剤及び染料等 (毒性等量又は毒性等量相当値) (ng-TEQ/g)

物質名	B-1 施設			
	難燃剤 (HBCD)	染料 A	染料 B	染料 C
PBDDs/DFs (TEQ)	0.00005 (0.052)	0.20 (0.24)	0.17 (0.21)	0.22 (0.26)
PCDDs/DFs (TEQ)	0.0010 (0.0065)	0.018 (0.023)	0.073 (0.076)	0.062 (0.066)
Co-PCB (TEQ)	0.0000022 (0.00016)	0.0020 (0.0020)	0.0088 (0.0088)	0.0021 (0.0021)
PCDDs/DFs, Co-PCB (TEQ)	0.0010 (0.0066)	0.020 (0.025)	0.082 (0.085)	0.064 (0.068)

表 39 難燃剤及び染料等 (毒性等量又は毒性等量相当値) (ng-TEQ/g)

物質名	B-2 施設				
	難燃剤 (HBCD)	難燃剤 (DeBDE)	難燃剤 (DeBDE アルカリ 処理：攪拌 時間 1/2 倍)	難燃剤 (DeBDE アルカリ 処理：攪拌 時間 等倍)	難燃剤 (DeBDE アルカリ 処理：攪拌 時間 5 倍)
PBDDs/DFs (TEQ)	0 (0.052)	25 (25)	9.4 (9.5)	11 (11)	11 (11)
PCDDs/DFs (TEQ)	0.0013 (0.0069)	0.062 (0.066)	0.0000010 (0.0059)	0.000051 (0.0060)	0.000051 (0.0060)
Co-PCB (TEQ)	0 (0.00017)	0.0021 (0.0021)	0.0000012 (0.00017)	0.0000005 (0.00017)	0.0000067 (0.00017)
PCDDs/DFs, Co-PCB (TEQ)	0.0013 (0.0071)	0.064 (0.068)	0.0000022 (0.0061)	0.000052 (0.0061)	0.000058 (0.0061)

注 1) PBDDs/DFs (TEQ) は、WHO-TEF (1998) による PCDDs/DFs に準じて算出した参考値である。

注 2) PCDDs/DFs, Co-PCB (TEQ) は、WHO-TEF (1998) による PCDDs/DFs の TEF を用いて算出した値である。

注 3) 毒性等量又は毒性等量相当値の欄の上段の数値は検出下限未満の値を「0」として算出した場合のものであり、下段の () 内の数値は、検出下限未満の値を検出下限の 1/2 として算出した場合のものである。

表 40 難燃剤及び染料等（毒性等量又は毒性等量相当値）（ng-TEQ/g）

物質名	B-3 施設	
	難燃剤 (HBCD)	
PBDDs/DFs (TEQ)	0.0006 (0.052)	
PCDDs/DFs (TEQ)	0.00080 (0.0064)	
Co-PCB (TEQ)	0.0000006 (0.00017)	
PCDDs/DFs, Co-PCB (TEQ)	0.00080 (0.0066)	

注 1) PBDDs/DFs (TEQ) は、WHO-TEF (1998) による PCDDs/DFs に準じて算出した参考値である。

注 2) PCDDs/DFs, Co-PCB (TEQ) は、WHO-TEF (1998) による PCDDs/DFs の TEF を用いて算出した値である。

注 3) 毒性等量又は毒性等量相当値の欄の上段の数値は検出下限未満の値を「0」として算出した場合のものであり、下段の（ ）内の数値は、検出下限未満の値を検出下限の 1/2 として算出した場合のものである。

表 41 難燃剤及び染料等（実測濃度）（ng/g）

物質名	B-1 施設			
	難燃剤 (HBCD)	染料 A	染料 B	染料 C
PBDDs	N. D.	N. D.	N. D.	0.02
PBDFs	0.5	2.9	3.7	4.2
PBDDs/DFs	0.5	2.9	3.7	4.2
PCDDs/DFs	0.039	2.3	140	38
Co-PCB	0.025	3.0	29	0.96
PCDDs/DFs, Co-PCB	0.064	5.3	160	39

注 1) 実測濃度の表中の「N. D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 42 難燃剤及び染料等（実測濃度）（ng/g）

物質名	B-2 施設				
	難燃剤 (HBCD)	難燃剤 (DeBDE)	難燃剤 (DeBDE アルカリ 処理：攪拌 時間 1/2 倍)	難燃剤 (DeBDE アルカリ 処理：攪拌 時間 等倍)	難燃剤 (DeBDE アルカリ 処理：攪拌 時間 5 倍)
PBDDs	N. D.	160	56	70	68
PBDFs	N. D.	10,000	4,000	6,400	6,800
PBDDs/DFs	N. D.	11,000	4,100	6,500	6,900
PCDDs/DFs	0.038	0.016	0.01	0.021	0.021
Co-PCB	0.009	0.033	0.024	0.010	0.046
PCDDs/DFs, Co-PCB	0.047	0.049	0.034	0.031	0.067

注 1) 実測濃度の表中の「N. D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 43 難燃剤及び染料等（実測濃度）（ng/g）

物質名	B-3 施設
	難燃剤 (HBCD)
PBDDs	N. D.
PBDFs	0.06
PBDDs/DFs	0.06
PCDDs/DFs	0.017
Co-PCB	0.022
PCDDs/DFs, Co-PCB	0.039

注 1) 実測濃度の表中の「N. D.」は、検出下限未満であることを示す。

1-5-2 臭素系難燃物質(PBDEs、HBCD)

(1)排水

① ポリ臭化ジフェニルエーテル (PBDEs)

PBDEs は、14 検体中全検体で検出され、実測濃度は処理前総合排水で平均 210,000ng/L(880～830,000ng/L)であった。処理後総合排水については、平均 1,100,000ng/L(72～7,900,000ng/L)であった。処理後総合排水の懸濁態は平均 1,500,000ng/L(110～7,900,000ng/L)、溶存態は平均 10,000ng/L(14～31,000ng/L)であった。同族体パターンは、大部分が DeBDE であった。(別図-1 媒体別同族体組成 図 11～図 13 参照)

② ヘキサブロモシクロデカン (HBCD)

HBCD は、14 検体中全検体で検出され、実測濃度は処理前総合排水で平均 3.2mg/L(0.070～9.3mg/L)であった。処理後総合排水については、平均 0.90mg/L(0.34～2.1mg/L)であった。処理後総合排水の懸濁態は平均 0.55mg/L(0.18～1.3mg/L)、溶存態は平均 0.17mg/L(0.004～0.23mg/L)であった。

表 44 排水中の PBDE 分析結果（実測濃度）（PBDE：ng/L）（HBCD：mg/L）

物質名	B-1 施設				
	①処理前 総合排水 -1	②処理前 総合排水 -2	③処理後 総合排水 (No1)-1	処理後総合排水 (No1)-2	
				④懸濁態	⑤溶存態
PBDEs	880	3,000	72	110	30
HBCD	9.3	7.6	0.78	0.34	0.004

物質名	B-1 施設		
	⑥処理後 総合排水 (No2)-1	処理後総合排水 (No2)-2	
		⑦懸濁態	⑧溶存態
PBDEs	150	150	14
HBCD	2.1	1.3	0.23

表 45 排水中の PBDE 分析結果（実測濃度）（PBDE：ng/L）（HBCD：mg/L）

物質名	B-2 施設					
	⑨処理前 総合排水 -1	⑩処理前 総合排水 -2	処理後総合排水-1		処理後総合排水-2	
			⑪懸濁態	⑫溶存態	⑬懸濁態	⑭溶存態
PBDEs	830,000	280,000	7,900,000	31,000	1,100,000	31,000
HBCD	0.97	0.62	0.18	0.23	0.42	0.20

表 46 排水中の PBDE 分析結果（実測濃度）（PBDE : ng/L）（HBCD : mg/L）

物質名		B-3 施設					
		⑮処理前 総合排水 -1	⑯処理前 総合排水 -2	処理後総合排水-1		処理後総合排水-2	
				⑰懸濁態	⑱溶存態	⑲懸濁態	⑳溶存態
	PBDEs	42,000	79,000	29,000	320	23,000	270
	HBCD	0.070	0.39	0.58	0.20	0.49	0.14

(2) 試作試験機による廃液

① ポリ臭化ジフェニルエーテル（PBDEs）

PBDE は、4 検体中全検体で検出され、実測濃度は平均 56ng/L (6.3~110ng/L) であった。同族体パターンは、大部分が DeBDE であった。（別図-1 媒体別同族体組成 図 14 参照）

表 47 試作試験機による廃液の分析結果（実測濃度）（ng/L）

物質名		B-1 施設			
		染色後 廃液(A)	染色後 廃液(B)	難燃加工後 廃液(A)	難燃加工後 廃液(B)
	PBDEs	6.3	7.8	110	100

表 48 難燃剤および染料等の分析結果（実測濃度）（ng/g）

物質名		B-1 施設			
		難燃剤 (HBCD)	染料 A	染料 B	染料 C
	PBDEs	5,300	17	130	49

難燃剤(HBCD) 二重測定 6000 (ng/g)

表 49 難燃剤および染料等の分析結果（実測濃度）（ng/g）

物質名		B-2 施設				
		難燃剤 (HBCD)	難燃剤 (DeBDE)	難燃剤 (DeBDE アルカリ 処理: 攪拌時 間 1/2 倍)	難燃剤 (DeBDE アルカリ 処理: 攪拌時 間等倍)	難燃剤 (DeBDE アルカリ 処理: 攪拌時 間 2 倍)
	PBDEs	10	360,000,000	160,000,000	160,000,000	180,000,000

表 50 難燃剤および染料等の分析結果（実測濃度）（ng/g）

物質名		B-3 施設
		難燃剤 (HBCD)
	PBDEs	13

1-5-3 排水中のクロロベンゼン類・ブロモベンゼン類、クロロフェノール類、ブロモフェノール類
(CBzs・BBzs・CPhs・BPhs)

(1) 排水

① クロロベンゼン類 (CBzs)

CBzs は、14 検体中全検体で検出され、濃度は処理前総合排水で平均 1.5 μ g/L (0.63~2.8 μ g/L) で

あった。処理後総合排水については、平均 $0.55 \mu\text{g/L}$ ($0.073 \sim 2.0 \mu\text{g/L}$) であった。処理後総合排水の懸濁態は平均 $0.029 \mu\text{g/L}$ (N. D. $\sim 0.075 \mu\text{g/L}$)、溶存態は平均 $0.64 \mu\text{g/L}$ ($0.073 \sim 1.9 \mu\text{g/L}$) であった。

② プロモベンゼン類 (BBzs)

BBzs は、14 検体中 6 検体で検出され、濃度は処理前総合排水で平均 $0.016 \mu\text{g/L}$ (N. D. $\sim 0.078 \mu\text{g/L}$) であった。処理後総合排水については、平均 $0.048 \mu\text{g/L}$ (N. D. $\sim 0.12 \mu\text{g/L}$) であった。処理後総合排水の懸濁態は平均 $0.014 \mu\text{g/L}$ (N. D. $\sim 0.044 \mu\text{g/L}$)、溶存態は平均 $0.049 \mu\text{g/L}$ (N. D. $\sim 0.12 \mu\text{g/L}$) であった。

③ クロロフェノール類 (CPhs)

CPhs は、14 検体中全検体で検出され、濃度は処理前総合排水で平均 $2,500 \mu\text{g/L}$ ($3.1 \sim 14,000 \mu\text{g/L}$) であった。処理後総合排水については、平均 $3.0 \mu\text{g/L}$ ($0.32 \sim 5.3 \mu\text{g/L}$) であった。処理後総合排水の懸濁態は平均 $0.016 \mu\text{g/L}$ ($0.0024 \sim 0.032 \mu\text{g/L}$)、溶存態は平均 $3.0 \mu\text{g/L}$ ($0.31 \sim 5.3 \mu\text{g/L}$) であった。

④ プロモフェノール類 (BPhs)

BPhs は、14 検体中全検体で検出され、濃度は処理前総合排水で平均 $3.1 \mu\text{g/L}$ ($0.10 \sim 6.4 \mu\text{g/L}$) であった。処理後総合排水については、平均 $0.23 \mu\text{g/L}$ ($0.081 \sim 0.54 \mu\text{g/L}$) であった。処理後総合排水の懸濁態は平均 $0.002 \mu\text{g/L}$ (N. D. $\sim 0.009 \mu\text{g/L}$)、溶存態は平均 $0.19 \mu\text{g/L}$ ($0.072 \sim 0.54 \mu\text{g/L}$) であった。

表 51 排水中の分析結果 (実測濃度) ($\mu\text{g/L}$)

物質名		B-1 施設				
		①処理前 総合排水 -1	②処理前 総合排水 -2	③処理後 総合排水 (No1)-1	処理後総合排水 (No1)-2	
					④懸濁態	⑤溶存態
	CBzs	1.6	1.9	0.11	N. D.	0.073
	BBzs	N. D.	0.020	N. D.	N. D.	N. D.
	CPhs	4.4	14,000	1.6	0.012	0.31
	BPhs	2.6	6.4	0.51	N. D.	0.23

物質名		B-1 施設		
		⑥処理後 総合排水 (No2)-1	処理後総合排水 (No2)-2	
			⑦懸濁態	⑧溶存態
	CBzs	0.31	0.030	0.32
	BBzs	N. D.	N. D.	N. D.
	CPhs	4.2	0.022	5.3
	BPhs	0.16	N. D.	0.54

表 52 排水中の分析結果 (実測濃度) ($\mu\text{g/L}$)

物質名		B-2 施設					
		⑨処理前 総合排水 -1	⑩処理前 総合排水 -2	処理後総合排水-1		処理後総合排水-2	
				⑪懸濁態	⑫溶存態	⑬懸濁態	⑭溶存態
	CBzs	2.8	1.3	0.052	1.0	0.075	1.9
	BBzs	0.078	N. D.	0.042	0.076	0.044	N. D.
	CPhs	4.7	3.1	0.014	4.7	0.014	5.3
	BPhs	0.23	0.10	N. D.	0.091	N. D.	0.14

表 53 排水中の分析結果（実測濃度）（ $\mu\text{g/L}$ ）

物質名		B-3 施設					
		⑮処理前 総合排水 -1	⑯処理前 総合排水 -2	処理後総合排水-1		処理後総合排水-2	
				⑰懸濁態	⑱懸濁態	⑲懸濁態	⑳溶存態
	CBzs	0.67	0.63	0.0029	0.27	0.017	0.26
	BBzs	N. D.	N. D.	N. D.	0.10	N. D.	0.12
	CPhs	8.7	1,100	0.0024	1.1	0.032	1.3
	BPhs	4.1	5.3	N. D.	0.092	0.0090	0.072

注 1) 実測濃度の表中の「N. D.」は、検出下限未満であることを示す。

(2) 試作染色試験による廃液

① クロロベンゼン類 (CBzs)

CBzs は、4 検体中全検体で検出され、濃度は平均 $0.76 \mu\text{g/L}$ ($0.50 \sim 0.98 \mu\text{g/L}$) であった。

② ブロモベンゼン類 (BBzs)

BBzs は、4 検体中全検体で検出され、濃度は平均 $0.33 \mu\text{g/L}$ ($0.14 \sim 0.62 \mu\text{g/L}$) であった。

③ クロロフェノール類 (CPhs)

CPhs は、4 検体中全検体で検出され、濃度は平均 $1.2 \mu\text{g/L}$ ($1.0 \sim 1.5 \mu\text{g/L}$) であった。

④ ブロモフェノール類 (BPhs)

BPhs は、4 検体中全検体で検出され、濃度は平均 $47 \mu\text{g/L}$ ($10 \sim 88 \mu\text{g/L}$) であった。

表 54 試作染色試験による廃液の分析結果（ $\mu\text{g/L}$ ）

物質名		B-1 施設			
		染色後 廃液(A)	染色後 廃液(B)	難燃加工後 廃液(A)	難燃加工後 廃液(B)
	CBzs	0.88	0.50	0.67	0.98
	BBzs	0.15	0.14	0.40	0.62
	CPhs	1.0	1.1	1.1	1.5
	BPhs	10	67	88	22

(2) 難燃剤及び染料等

① クロロベンゼン類 (CBzs)

CBzs は、10 検体中全検体で検出され、実測濃度は染料で平均 $2,800 \mu\text{g/kg}$ ($800 \sim 6,600 \mu\text{g/kg}$)、難燃剤(HBCD)で平均 $6.3 \mu\text{g/kg}$ ($1.3 \sim 16 \mu\text{g/kg}$)、DeBDE 及びその調合品で平均 $3.0 \mu\text{g/kg}$ ($1.8 \sim 6.4 \mu\text{g/kg}$) であった。

② ブロモベンゼン類 (BBzs)

BBzs は、10 検体中全検体で検出され、実測濃度は染料で平均 $5,100 \mu\text{g/kg}$ ($1,000 \sim 13,000 \mu\text{g/kg}$)、難燃剤(HBCD)で平均 $31 \mu\text{g/kg}$ ($1.9 \sim 79 \mu\text{g/kg}$)、DeBDE 及びその調合品で平均 $1,100 \mu\text{g/kg}$ ($860 \sim 1,700 \mu\text{g/kg}$) であった。

③ クロロフェノール類 (CPhs)

CPhs は、10 検体中全検体で検出され、実測濃度は染料で平均 $360 \mu\text{g/kg}$ ($39 \sim 1,000 \mu\text{g/kg}$)、難燃剤(HBCD)で平均 $330 \mu\text{g/kg}$ ($15 \sim 530 \mu\text{g/kg}$)、DeBDE 及びその調合品で平均 $650 \mu\text{g/kg}$ ($40 \sim 2,400 \mu\text{g/kg}$) であった。

④ プロモフェノール類 (BPhs)

BPhs は、10 検体中 4 検体で検出され、実測濃度は染料で平均 110,000 $\mu\text{g/kg}$ (3,600~300,000 $\mu\text{g/kg}$)、難燃剤(HBCD)で平均 4 $\mu\text{g/kg}$ (N.D. ~12 $\mu\text{g/kg}$)、DeBD1E 及びその調合品ではすべて N.D. であった。

表 55 難燃剤及び染料等の分析結果 ($\mu\text{g/kg}$)

物質名		B-1 施設			
		難燃剤 (HBCD)	染料 A (黒)	染料 B (橙 1)	染料 C (橙 2)
	CBzs	16	1,100	6,600	800
	BBzs	79	1,000	13,000	1,400
	CPhs	15	39	1,000	40
	BPhs	12	3,600	300,000	29,000

表 56 難燃剤及び染料等の分析結果 ($\mu\text{g/kg}$)

物質名		B-2 施設				
		難燃剤 (HBCD)	難燃剤 (DeBDE)	難燃剤 (DeBDE アルカリ 処理：攪拌 時間 1/2 倍)	難燃剤 (DeBDE アルカリ 処理：攪拌 時間 等倍)	難燃剤 (DeBDE アルカリ 処理：攪拌 時間 5 倍)
	CBzs	1.3	6.4	1.9	2.0	1.8
	BBzs	11	1,700	860	860	870
	CPhs	440	2,400	48	40	130
	BPhs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

表 57 難燃剤及び染料等の分析結果 ($\mu\text{g/kg}$)

物質名		B-3 施設
		難燃剤 (HBCD)
	CBzs	1.5
	BBzs	1.9
	CPhs	530
	BPhs	N.D.

注 1) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

1-6 まとめ及び考察（排出実態解明検討）

(1) 臭素化ダイオキシン類の排出形態

過去の調査では、排水処理前後の総合排水の濃度が調査回ごとに大きく異なったため、今回の調査では、排水処理後総合排水を懸濁態と溶存態に分けて調査を実施した。また、採取時期による変動を把握するため、採水間隔をあけて各調査地点で2試料を採取した。

① B-1 施設

〈排水処理前後における臭素化ダイオキシン類の挙動〉

B-1 施設における排水処理前後の排水中の臭素化ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類の挙動を図12に示す。

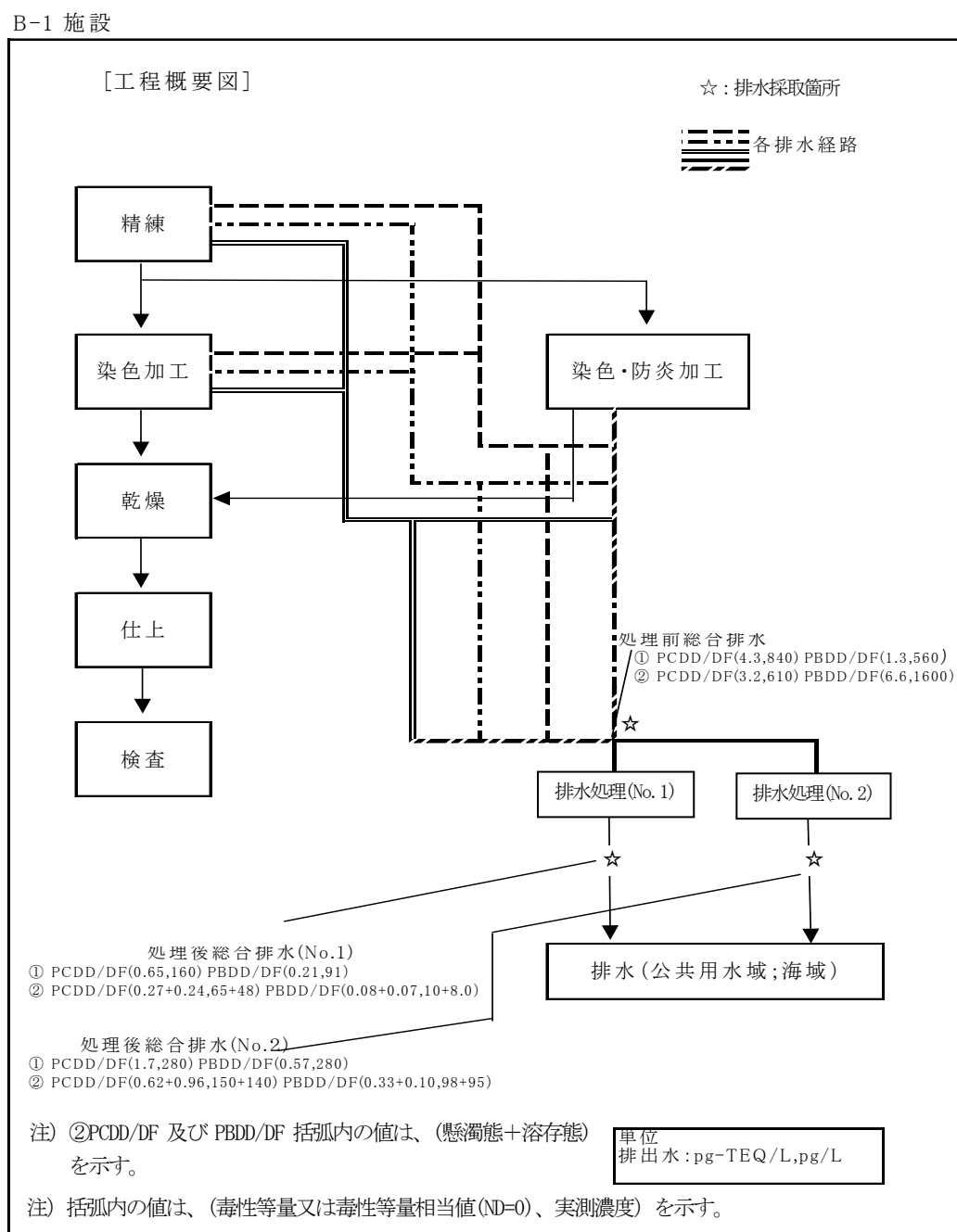


図12 排水処理前後における臭素化ダイオキシン類の挙動（B-1 施設）

＜既往調査結果との比較＞

B-1 施設における、過去の調査（H15 年度、17 年度及び 18 年度）及び今回の調査での排水処理（No. 1）後の総合排水の PBDDs/DFs 実測濃度は、2,000pg/L → 11,000pg/L → 95pg/L → 91、18pg/L であり、排水処理（No. 2）後の総合排水の PBDDs/DFs 実測濃度は、320pg/L → 250,000pg/L → 1,100pg/L → 280、110pg/L であった。H15 年度及び 17 年度の試料採取は、各試料 1 回であったのに対し、H18 年度及び今回は、各試料とも採水間隔をあけて複数回の試料採取を行っていること、この間に施設や使用している染料及び難燃剤の種類や量は変わっていないこと、今回の調査における PBDDs/DFs 濃度は、H18 年度の調査結果の 1/10～同程度であったことから、H17 年度の調査で非常に高濃度であった排水処理（No. 2）後の総合排水濃度の 250,000pg/L は、原因は不明ではあるが、本施設における排水処理後総合排水として平均的な濃度ではなく、異常値であったものと考えられる。

※H15 年度及び H17 年度は、各試料 1 回の試料採取であり、H8 年度及び H19 年度は、採水間隔をあけて試料採取及び複数回の試料採取を行っている。

＜排水処理前後の比較と溶存態・懸濁態比について＞

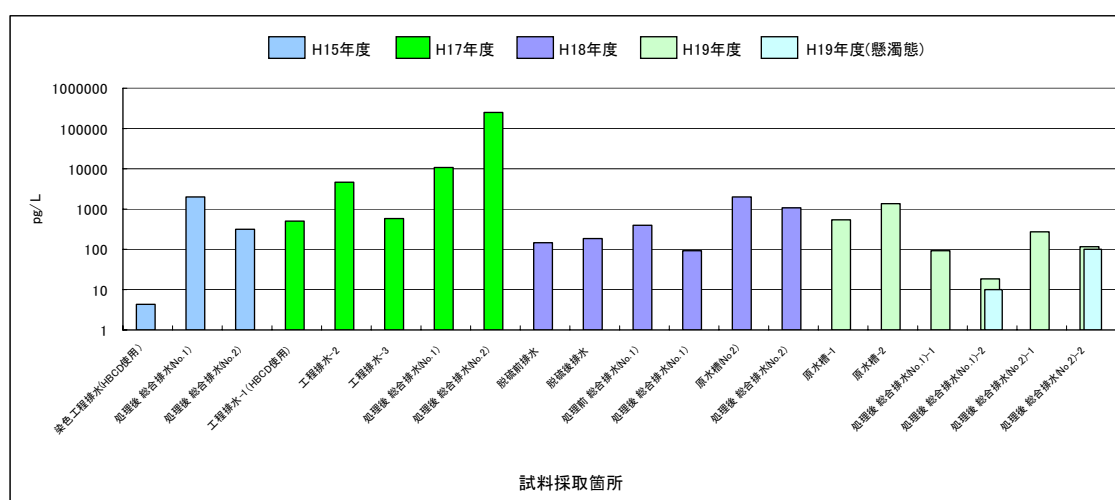
処理前と処理後の濃度を 1 回目、2 回目別々に比較すると、No. 1 及び No. 2 処理後総合排水の方が処理前総合排水より低くなっており、収支の上では排水処理工程における PBDDs/DFs の生成は認められないことから、排水処理工程での PBDDs/DFs の副生成はあまり起こっていないものと考えられる。

懸濁態と溶存態の PBDDs/DFs 濃度は、No. 1 処理後総合排水の懸濁態 10pg/L 及び溶存態が 8.0pg/L、No. 2 処理後総合排水の懸濁態が 98pg/L 及び溶存態が 15pg/L であり、排水全体の PBDDs/DFs 濃度に対する懸濁態の占める割合は、No. 1 処理後総合排水で 56%、No. 2 処理後総合排水で 87% であった。

以上から、処理後総合排水全体に占める懸濁態の PBDDs/DFs 濃度の割合はおよそ 6～9 割であった。

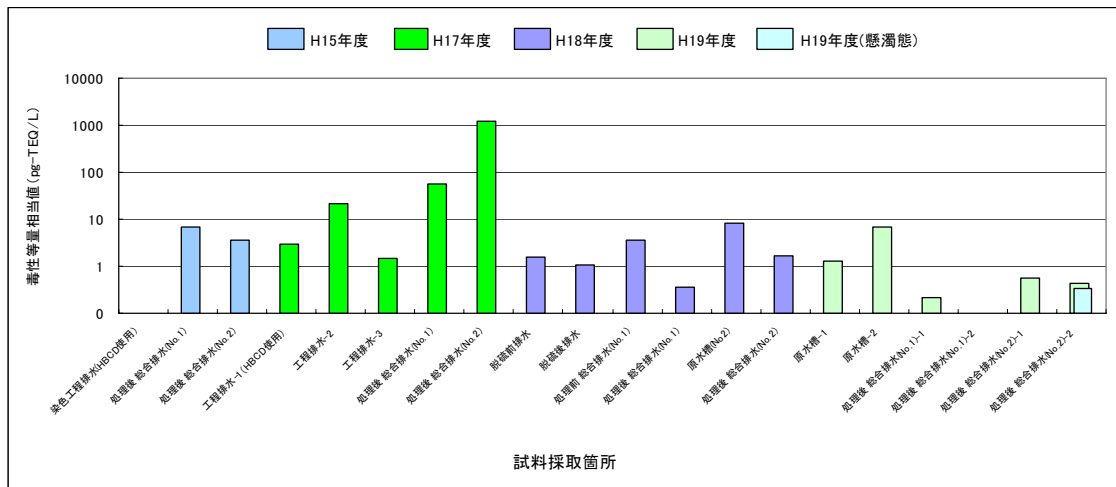
＜PBDDs/DFs の同族体比＞

PBDDs/DFs の同族体比をみると、排水処理前総合排水では OBDF の割合が最も高く、次いで HpBDFs の割合が高くなっている。排水処理後総合排水で排水処理（No. 1）後総合排水 1 回目、排水処理（No. 2）後総合排水 1 回目及び 2 回目の懸濁態では、処理前と同様に OBDF の割合が最も高く、次いで HpBDFs の割合が高かったが、排水処理（No. 1）後総合排水 2 回目と排水処理（No. 2）後総合排水 2 回目の溶存態では、OBDF は検出されず、HpBDFs の割合が高く、次いで低臭素化体の TeBDFs の割合が高かった。（別図-1 媒体別同族体組成 図 1 参照）



注) H15 から 18 年度及び H19 年度のデータは、懸濁態＋溶存態のデータ

図 13 B-1 施設 PBDDs/DFs 実測濃度比較



注) 塩素化ダイオキシン類の排水基準値は、10pg-TEQ/L

注) H15 から 18 年度及び H19 年度のデータは、懸濁態+溶存態のデータ

図 14 B-1 施設 PBDDs/DFs 毒性等量相当値比較

② B-2 施設

〈排水処理前後における臭素化ダイオキシン類の挙動〉

B-2 施設における排水処理前後の排水中の臭素化ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類の挙動を図 15 に示す。

B-2 施設

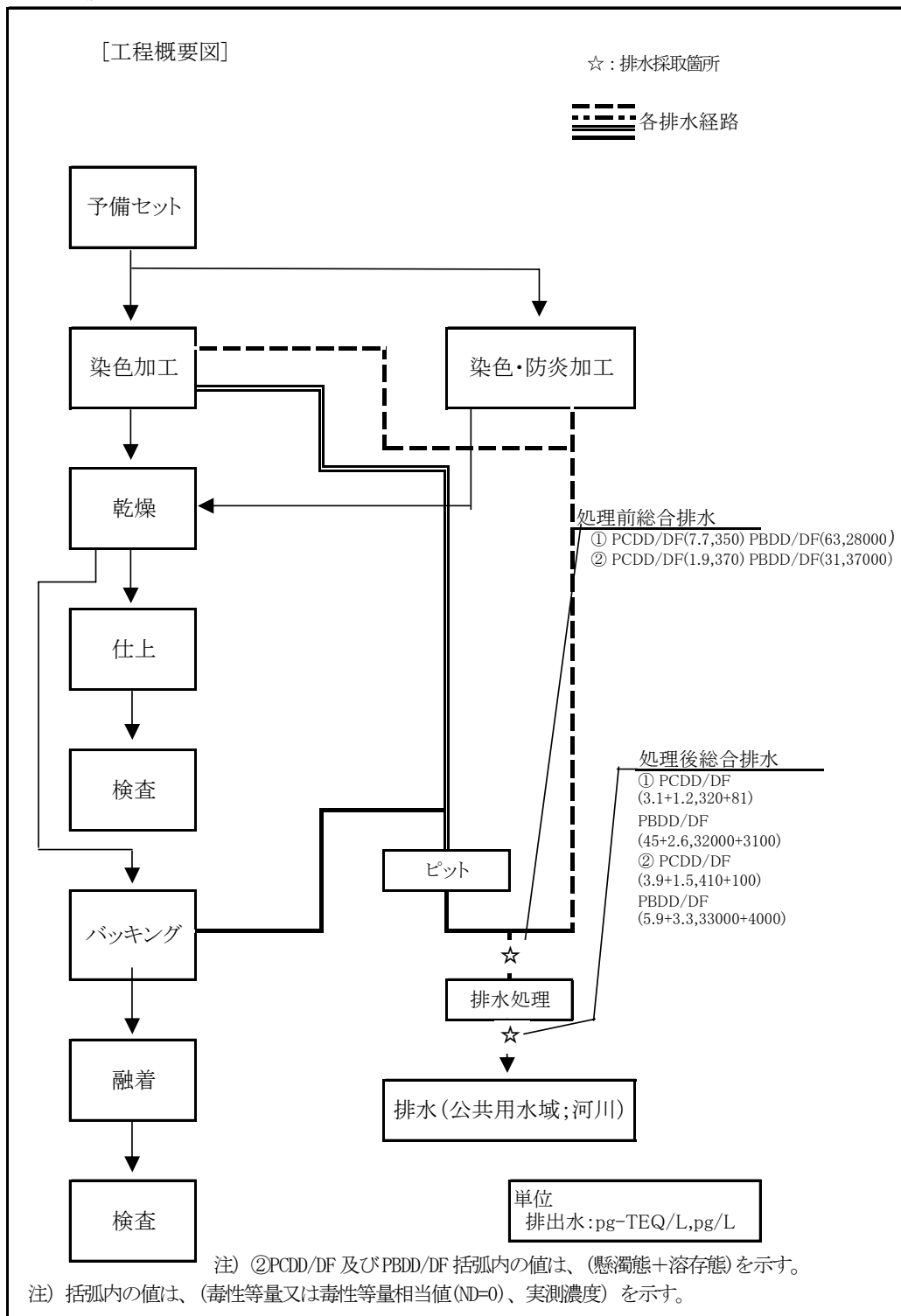


図 15 排水処理前後における臭素化ダイオキシン類の挙動 (B-2 施設)

＜既往調査結果との比較＞

B-2 施設における、過去の調査（H15 年度及び 17 年度）及び今回の調査での排水処理後総合排水の PBDDs/DFs 実測濃度は、170,000pg/L → 85,000pg/L → 35,000、37,000pg/L であった。

＜排水処理前後の比較と溶存態・懸濁態比について＞

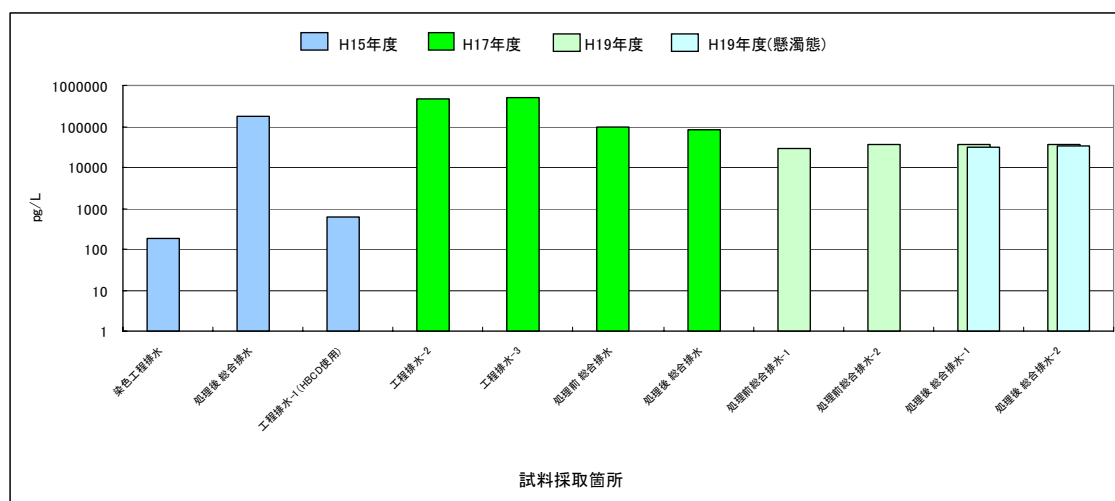
処理後総合排水のうち、懸濁態は 1 回目が 32,000pg/L (SS:17mg/L)、2 回目が 33,000pg/L (SS:18mg/L) で溶存態は 1 回目が 3,100pg/L、2 回目が 4,000pg/L であった。処理後総合排水全体に占める懸濁態の PBDDs/DFs 濃度の割合はおよそ 9 割であった。このことから、SS 分の除去により PBDDs/DFs 排出量の低減が可能であることが示唆された。

なお、B-2 施設では、滞留時間を考慮したにも関わらず、排水処理前よりも排水処理後の方がやや高い結果となった。

平成 18 年度の調査では、排水処理工程の活性汚泥（懸濁態＋溶存態）中の PBDDs/DFs 濃度は排水処理前後の総合排水に比べかなり高い値を示している。

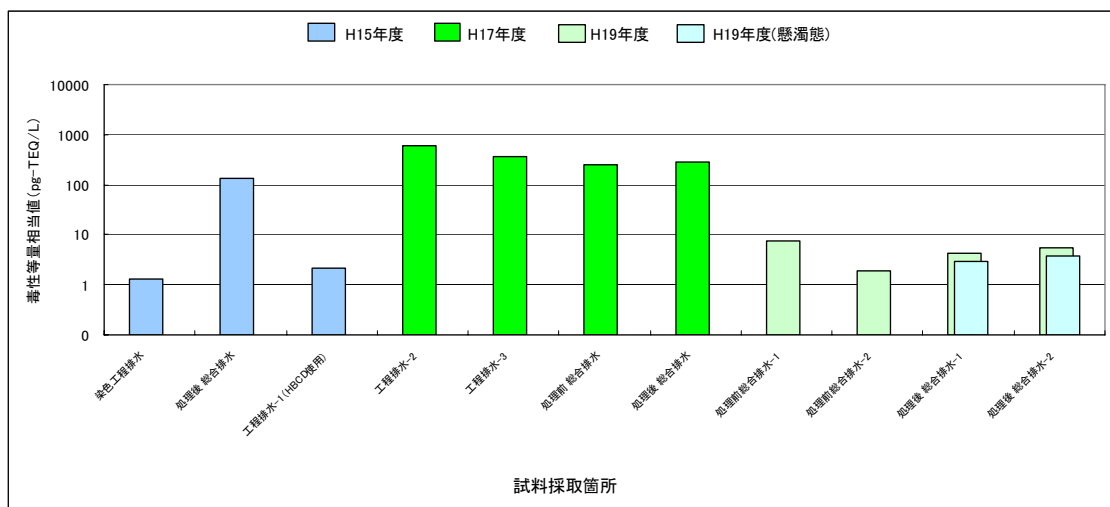
＜PBDDs/DFs の同族体比＞

PBDDs/DFs の同族体比をみると、排水処理前総合排水では OBDF の割合が最も高く、次いで HpBDFs の割合が高くなっている。B-2 施設は、DeBDE 難燃剤を使用した難燃加工工程があるが、排水処理前総合排水の PBDDs/DFs の同族体比は DeBDE と一致しており、DeBDE 難燃剤中の不純物である PBDDs/DFs が排水処理前総合排水中の PBDDs/DFs の主な由来である可能性が示唆された。なお、同族体比は排水処理前総合排水と排水処理後総合排水でほとんど変化はなく、同族体比の点からは排水処理工程での PBDDs/DFs の副生成はあまり起こっていないものと考えられる。（別図-1 媒体別同族体組成 図 2 参照）



注) H15 から 18 年度及び H19 年度のデータは、懸濁態＋溶存態のデータ

図 16 B-2 施設 PBDDs/DFs 実測濃度比較



注) 塩素化ダイオキシン類の排水基準値は、10pg-TEQ/L

注) H15 から 18 年度及びH19 年度のデータは、懸濁態+溶存態のデータ

図 17 B-2 施設 PBDDs/DFs 毒性等量相当値比較

③ B-3 施設
 <排水処理前後における臭素化ダイオキシン類の挙動>
 B-3 施設における排水処理前後の排水中の臭素化ダイオキシン類及び塩素化ダイオキシン類の挙動を図 18 に示す。
 B-3 施設

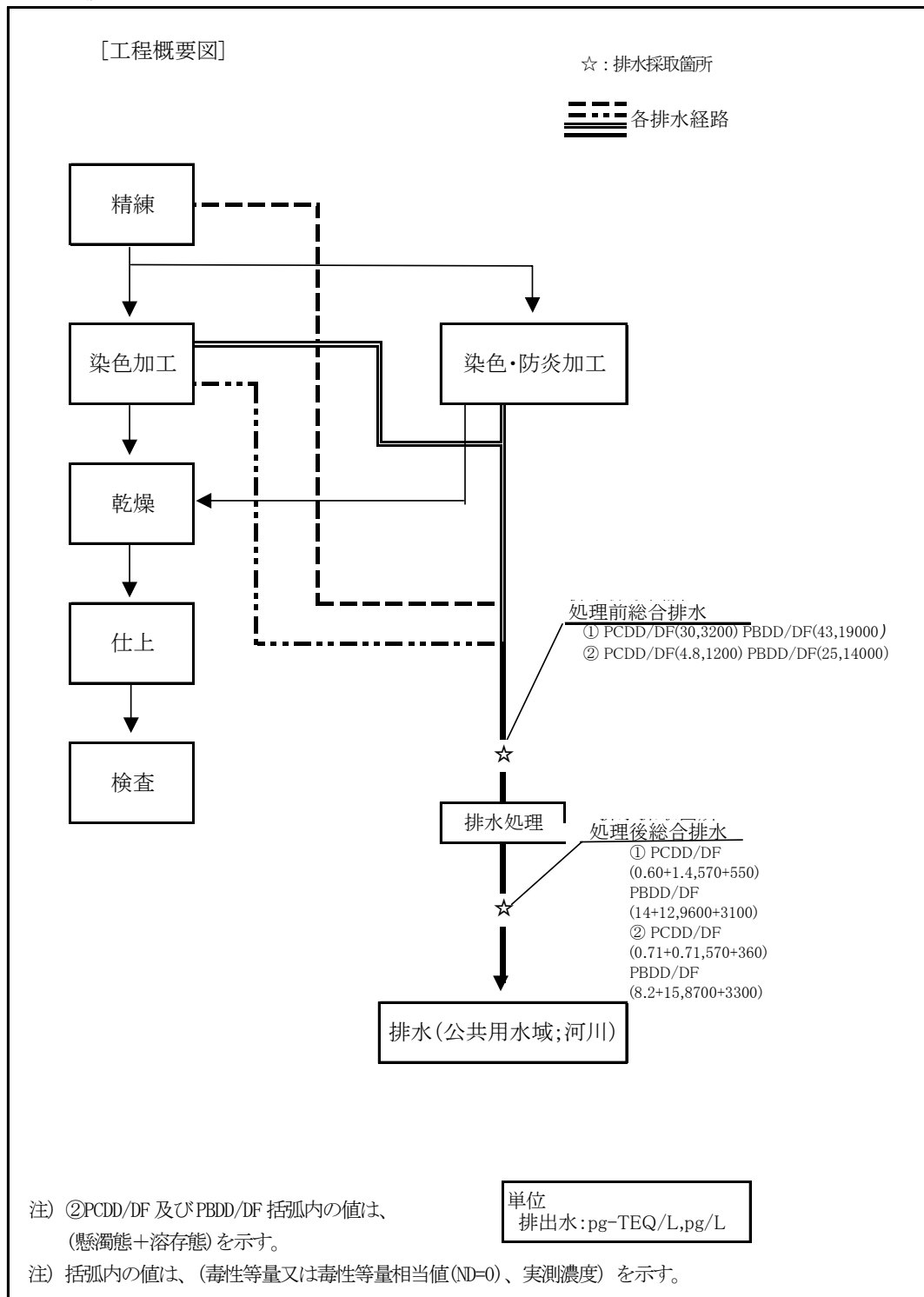


図 18 排水処理前後における臭素化ダイオキシン類の挙動 (B-3 施設)

〈既往調査との比較〉

B-3 施設では過去の調査（H15・H17・H18 年度）及び今回調査で排水処理後総合排水において実測濃度は 70,000pg/L → 10,000pg/L → 4,300、4,700pg/L → 13,000、12,000pg/L であった。

H18 年度及び今回調査より、排水処理前よりも排水処理後の方が濃度が低いことから、工程上での PBDDs/DFs の副生成はあまり起こっていないものと考えられる。

〈排水処理前後の比較と溶存態・懸濁態比について〉

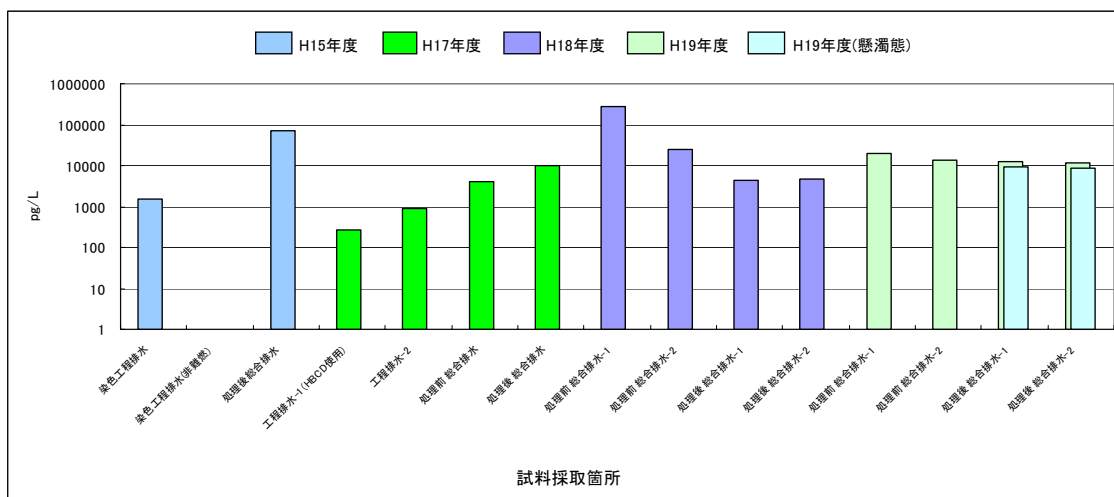
排水処理後総合排水のうち、懸濁態は 1 回目が 9,600pg/L（SS:21mg/L）、2 回目が 8,800pg/L（SS：23mg/L）であり、溶存態は 1 回目が 3,100pg/L、2 回目が 3,300pg/L であった。排水処理後総合排水に占める懸濁態の PBDDs/DFs 濃度の割合はおおよそ 7 割であった。

〈PBDDs/DFs の同族体比〉

PBDDs/DFs の同族体比をみると、排水処理前総合排水では OBDF の割合が最も高く、次いで TeBDFs～HpBDFs が含まれる結果であった。

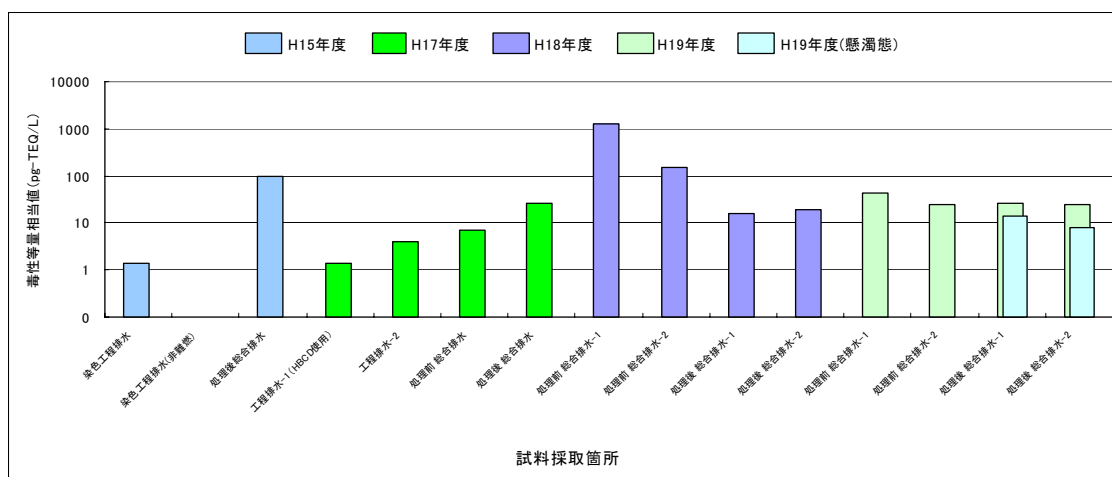
一方、排水処理後総合排水では懸濁態は排水処理前総合排水と同様の同族体組成比を示したが、溶存態では TeBDFs～OBDF が同程度の比率となるパターンを示した。（別図-1 媒体別同族体組成 図 3 参照）

また、B-1、B-2、B-3 の各施設の排水処理前及び排水処理後の同族組成が異なり、B-2 は、OBDF の割合が高く、B-1 及び B-3 は OBDF の割合は高いが、他の同族体が多く検出されていた。



注) H15 から 18 年度及び H19 年度のデータは、懸濁態＋溶存態のデータ

図 19 B-3 施設 PBDDs/DFs 実測濃度比較



注) 塩素化ダイオキシン類の排水基準値は、10pg-TEQ/L

注) H15 から 18 年度及び H19 年度のデータは、懸濁態+溶存態のデータ

図 20 B-3 施設 PBDDs/DFs 毒性等量相当値比較

今回調査では、分析項目として過去の調査では分析していなかった PBDDs/Ds の前駆体と考えられる BBzs 及び BPhs についても分析を行ったが、PBDDs/DFs との相関は見られなかった。また、分析項目の中では、過去の調査と同様に PBDDs/DFs と PBDEs との間に高い相関が見られた。図 19 に排水中の PBDDs/DFs と PBDEs の相関について示す。

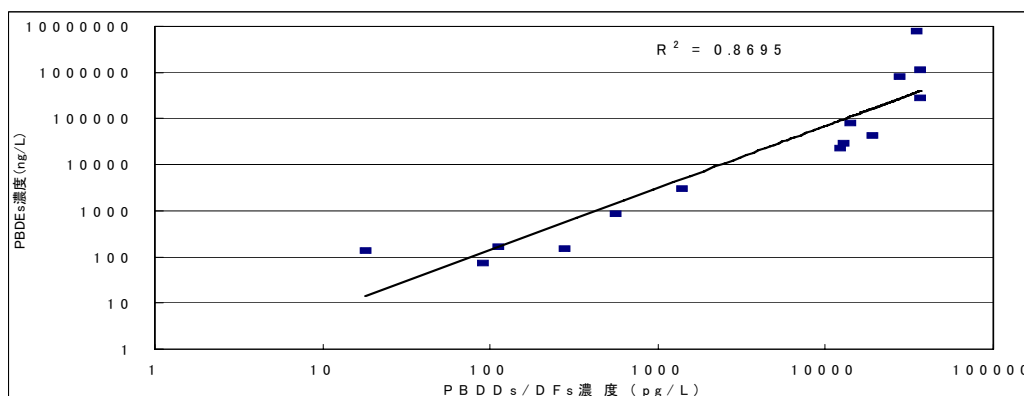


図 21 PBDDs/DFs 濃度と PBDEs 濃度との相関

(2) 難燃剤及び染料等の分析並びに試作染色機による調査

難燃剤及び染料等中の臭素化ダイオキシン類等の確認並びに試作染色機による各種調査を行った。

① 難燃剤及び染料等

難燃剤について、今回、HBCD及びDeBDE (DeBDE 調合品) について分析を行った。図22 に、HBCD 中のPBDDs/DFs 及びPBDEs 濃度、図23 にDeBDE 中のPBDDs/DFs 及びPBDEs 濃度を示す。

HBCD 中の PBDDs/DFs 濃度は、N.D. ~0.50ng/g で、過去の調査結果 (N.D. ~9.0ng/g) と比べると 1 検体 (9.0ng/g) を除くと同程度であった。なお、過去の調査結果で濃度が高かった 1 検体については、異常値であることも考えられる。DeBDE 中の PBDDs/DFs 濃度は、4,100~11,000ng/g で、過去の調査結果 (720 及び 1,200ng/g) と比べると 1 桁程度高い値であった。HBCD 中の PBDEs 濃度は、10 ~5,300ng/g で、過去の調査結果 (3,100~40,000ng/g) と比べると 1 検体は同程度で、2 検体は、2 桁程度低い値であった。

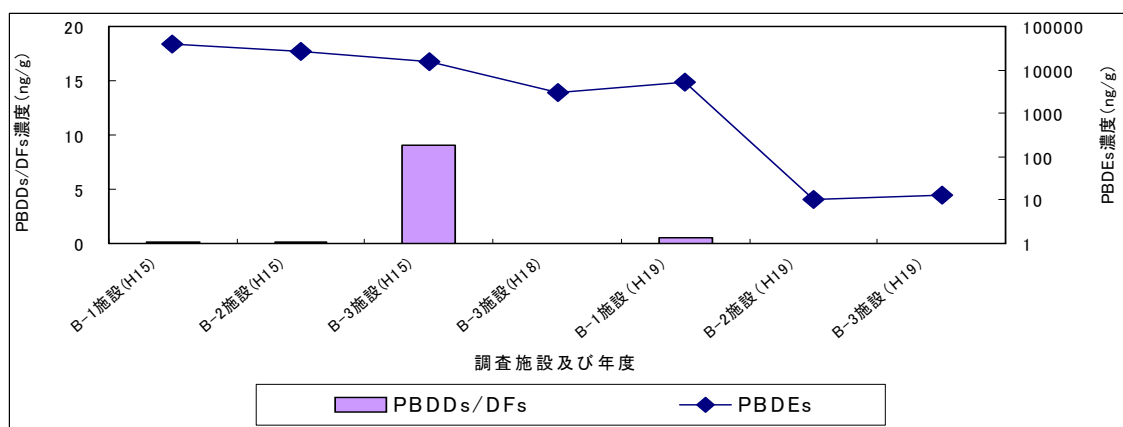


図 22 難燃剤（HBCD）中の PBDDs/DFs 及び PBDEs 濃度

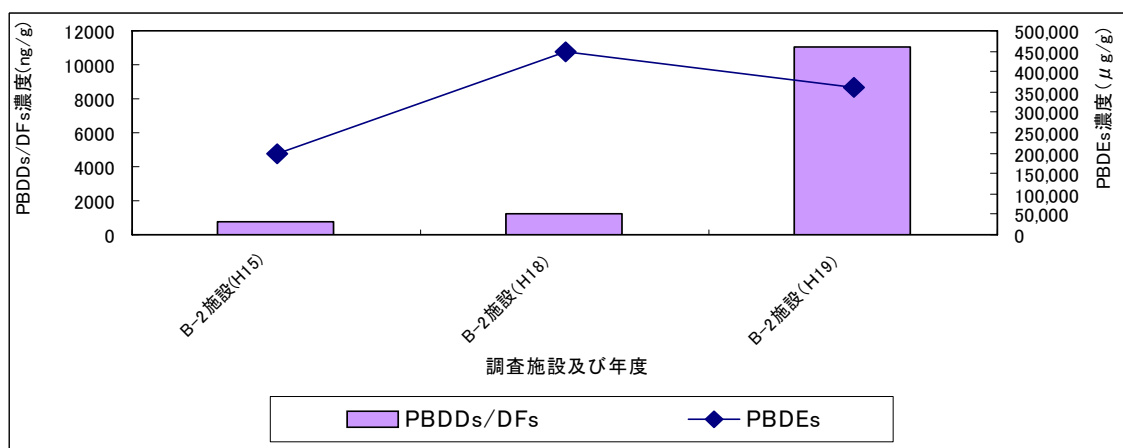


図 23 難燃剤（DeBDE）中の PBDDs/DFs 及び PBDEs 濃度

染料については、既往文献³⁰⁾によると、塩素化ダイオキシン類に関して、アゾ系染料の方がアントラキノン系染料より濃度が高いため、今回はアゾ系染料3種（染料A、染料B及び染料C）について分析を行った。

このうち、染料A は使用量が多く、染料B 及び染料C は既往文献で塩素化ダイオキシン類が高く検出された染料の塩素が臭素に置換したものと類似した構造を持つものである。

染料中のPBDDs/DFs 濃度は、染料A (2.9ng/g)、染料B (3.7ng/g) 及び染料C (4.2ng/g) で、染料A に比べて染料B 及び染料C がやや高い値を示した。また、染料中のPBDEs 濃度は染料A (17ng/g)、染料B (130ng/g) 及び染料C (49ng/g) で、染料A が染料B 及び染料C に比べて高い値を示した。

注)熊谷宏之、神戸真暁、第16回環境化学討論会要旨集、388-389 (2007)

② 試作染色試験機による調査

難燃繊維加工工程はバッチ処理で、各排水経路には施設内の複数工程より様々な加工及び処理排水が混合しており、発生源の特定が困難であることから、1バッチ内で難燃繊維加工工程における各種調査が可能な試作染色試験機を使用して調査を行った。

H18年度調査では、小型染色試験機を用いて調査を行ったが、試料量が少なく(水700ml)、各条件における明確な比較ができなかったため、今回は、水量を80L として調査を行った。

試験条件を表58 に、各条件における廃液中のPBDDs/DF濃度を図24に、PBDEs濃度を図25に示す。な

お、調査に使用した難燃剤（HBCD）中のPBDDs/DFs濃度は0.5ng/g（表41）、PBDEs の濃度は5,300ng/g（表48）であった。

表 58 試作染色試験機による試験条件

	染色後廃液 A	染色後廃液 B	難燃加工後廃液 A	難燃加工後廃液 B
染料	染料 A	染料 B	染料 A	染料 B
	40g	100g	40g	100g
難燃剤	なし	なし	HBCD	HBCD
			90g	90g
繊維	ポリエステル繊維	ポリエステル繊維	ポリエステル繊維	ポリエステル繊維
	2kg	2kg	2kg	2kg
助剤等	酢酸及び 酢酸ナトリウム	酢酸及び 酢酸ナトリウム	酢酸及び 酢酸ナトリウム	酢酸及び 酢酸ナトリウム
	26g	26g	26g	26g
水	80L	80L	80L	80L
染色温度	130℃	130℃	130℃	130℃
染色時間	30 分	30 分	30 分	30 分

PBDDs/DFs に関して染料の比較では、染料 A、染料 B を使用した場合とも PBDDs/DFs は、検出しなかった。また、HBCD 使用による難燃加工の有無による比較では、染料 B に HBCD による難燃加工をした場合のみ OBDF が低濃度で検出された。染料 A に HBCD による難燃加工をした場合は、PBDDs/Fs は検出されなかった。

PBDEs に関して染料の比較では、染料 A と染料 B との間に明確な差は認められなかった。一方、難燃加工工程の有無の比較では、難燃加工工程が有る場合の方が無い場合に比べて PBDEs 濃度がおおよそ 15 倍程度高い値を示した。これは、難燃剤 HBCD 中の不純物として存在する PBDEs によるものと考えられる。図 24 に PBDDs/DFs、図 25 に PBDEs の試作染色試験結果の比較を示す。

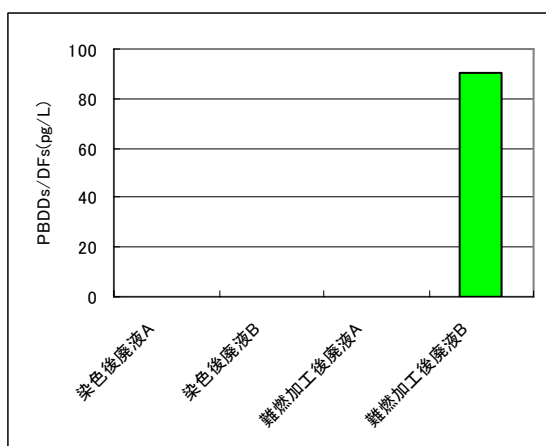


図 24 試作染色試験結果の比較(PBDDs/DFs)

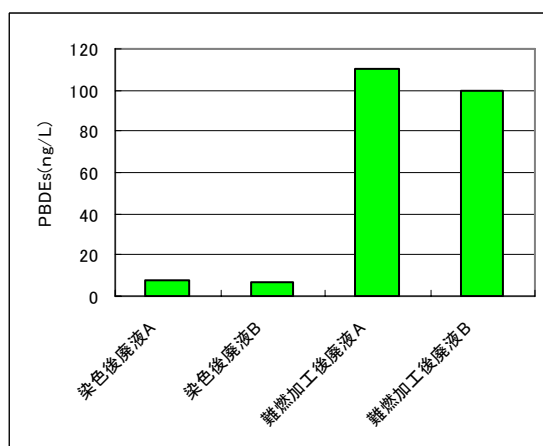


図 25 試作染色試験結果の比較(PBDEs)

〈DeBDE の攪拌試験〉

H18 年度の調査では、DeBDE を用いた難燃剤の分析結果より、DeBDE 単体よりも、バックリング剤用に処理したもの（アルカリ等を加え攪拌したもの）の方が、PBDDs/DFs（特にHpBDFs）濃度が高くなる傾向が見られたため、今回の調査では、DeBDE を用いた難燃剤にアルカリを添加して攪拌した場合の PBDDs/DFs 濃度への影響を調べた。

今回の分析結果では、アルカリを添加し攪拌処理したものよりもDeBDE 単体のほうがPBDDs/DFs濃度及びPBDEs濃度とも高かったが、これは、アルカリを加えることによる希釈効果のためと考えられる。PBDDs/DFsの同族体比は、いずれの検体もOBDF が約80%、HpBDFs が約20%であり、アルカリ添加前後及び攪拌時間の違いにかかわらず、同様の割合であった。また、攪拌時間を標準(10 分間)、標準の1/2 倍(5 分間)及び5 倍(50 分間)で実施した場合の比較では、図26 に示すようにPBDDs/DFs 濃度は攪拌時間を1/2 倍(5 分間)にしたものが等倍(10 分間)、5 倍(50 分間)のものより若干低い値であったが、攪拌時間が長くなるとPBDDs/DFs 濃度が、やや高くなる結果であった。

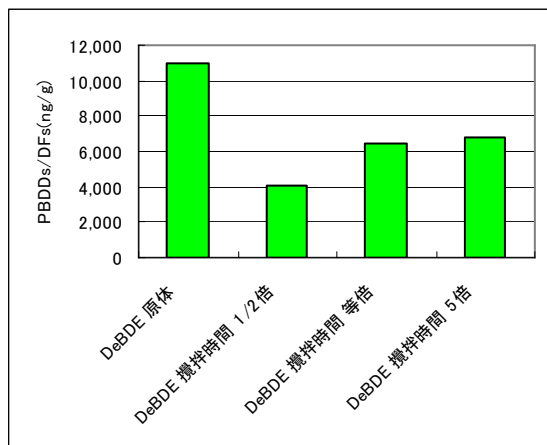


図 26 DeBDE 攪拌試験結果の比較(PBDDs/DFs)

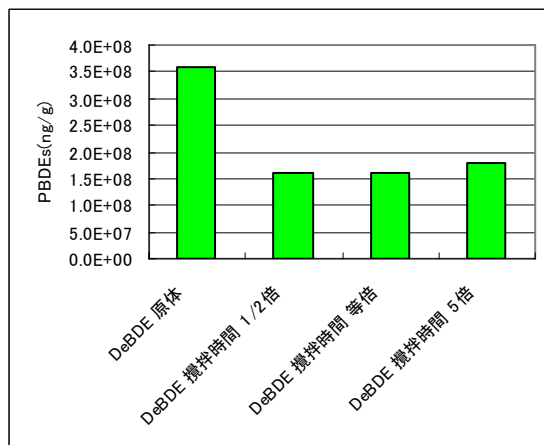


図 27 DeBDE 攪拌試験結果の比較(PBDEs)

(3) まとめ

今回及びこれまでの調査から、難燃繊維加工施設における難燃繊維加工はバッチ毎に各種条件が異なるなど非常に複雑であることから、PBDDs/DFs 排出濃度も排水の採取時期により大きく変化していることが示唆された。

また、処理後総合排水中のPBDDs/DFs の6 ～9 割は懸濁態として存在していることから、PBDDs/DFs は、微細なSS に吸着した状態又は染料や難燃剤に含まれる分散剤の影響により溶存態で存在していると考えられる。

試作染色試験機による調査では、難燃加工(HBCD を添加)の有無でPBDDs/DFs濃度に明確な違いが認められなかったことなどから、難燃加工工程におけるPBDDs/DFsの副生成は、あまりないことが示唆された。しかし、PBDEsを使用していないにもかかわらず試作染色機試験の全ての廃液試料からPBDEsが検出され、また、一部の試料ではPBDDs/DFs も検出されていることから、染料や難燃剤中に不純物として含まれているPBDEsやPBDD s /DFsが、排水中のPBDDs/DFs濃度に影響を与えているものと考えられる。

また、DeBDEのアルカリ攪拌処理では、攪拌時間が長くなると、PBDDs/DFs 濃度がやや高くなっているが、DeBDE中に不純物として含まれているPBDDs/DFsが、バックリング工程使用後の廃液中のPBDDs/DFs 濃度に大きく影響しているものと考えられる。

一連の調査を実施した難燃繊維加工施設では、各施設とも活性汚泥法により排水処理を行っているが、詳細な排水調査の結果等より、当該排水処理工程はPBDDs/DFsの発生源とはなっていないが、この方法がPBDDs/DFsの除去方法としてはあまり有効な方法ではないことが示唆された。

以上の調査結果から、難燃繊維加工施設からのPBDD s /DFs の排出には、使用している染料や難燃剤中に不純物として含まれるPBDEs やPBDD s /DFs の影響が大きいことが示唆され、これら施設からのPBDD s /DFs の排出を削減させるためには、使用している染料や難燃剤中のPBDEs やPBDD s /DFs の割合を低下させることや排水中の懸濁態に着目した除去方法の導入等の検討が重要であると考えられる。

別表-1 調査結果（個別結果）

表 1 排水中のPBDDs/DFs分析結果(実測濃度)(pg/L)

物質名		B-1施設	
		処理前総合排水	
		1	2
PBDDs	2,3,7,8-TeBDD	N.D.	N.D.
	TeBDDs	N.D.	6.0
	1,2,3,7,8-PeBDD	N.D.	N.D.
	PeBDDs	N.D.	11
	1,2,3,4,7,8-HxBDD	N.D.	N.D.
	1,2,3,6,7,8-HxBDD	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8,9-HxBDD	N.D.	N.D.
	HxBDDs	N.D.	80
	HpBDDs	N.D.	50
	OBDD	N.D.	100
Total PBDDs		N.D.	250
PBDFs	2,3,7,8-TeBDF	2.8	4.4
	TeBDFs	53	57
	1,2,3,7,8-PeBDF	N.D.	N.D.
	2,3,4,7,8-PeBDF	N.D.	N.D.
	PeBDFs	98	110
	1,2,3,4,7,8-HxBDF	N.D.	40
	HxBDFs	80	200
	1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	95	210
	HpBDFs	95	210
	OBDF	230	590
Total PBDFs		560	1200
Total PBDDs/PBDFs		560	1400

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

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

物質名		B-1施設	
		処理前総合排水	
		1	2
PBDDs	2,3,7,8-TeBDD	0	0
	1,2,3,7,8-PeBDD	0	0
	1,2,3,4,7,8-HxBDD	0	0
	1,2,3,6,7,8-HxBDD	0	0
	1,2,3,7,8,9-HxBDD	0	0
	OBDD	0	0.010
PBDFs	2,3,7,8-TeBDF	0.28	0.44
	1,2,3,7,8-PeBDF	0	0
	2,3,4,7,8-PeBDF	0	0
	1,2,3,4,7,8-HxBDF	0	4.0
	1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0.95	2.1
	OBDF	0.023	0.059
Total TEQ		1.3	6.6

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

* 毒性等量相当値は、検出下限未満を「0」として算出した値である。

表 3 排水中のPBDDs/DFs分析結果(実測濃度)(pg/L)

物質名		B-1施設					
		処理後総合排水(No.1)			処理後総合排水(No.2)		
		1	2		1	2	
			懸濁態	溶存態		懸濁態	溶存態
PBDDs	2,3,7,8-TeBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	TeBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8-PeBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PeBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,7,8-HxBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,6,7,8-HxBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8,9-HxBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HxBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HpBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	OBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Total PBDDs		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PBDFs	2,3,7,8-TeBDF	N.D.	N.D.	N.D.	1.4	1.1	N.D.
	TeBDFs	5.5	2.1	1.0	21	9.0	5.2
	1,2,3,7,8-PeBDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	2,3,4,7,8-PeBDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PeBDFs	5.0	N.D.	N.D.	26	8.0	N.D.
	1,2,3,4,7,8-HxBDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HxBDFs	N.D.	N.D.	N.D.	30	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	20	8.0	7.0	41	21	10
	HpBDFs	20	8.0	7.0	41	21	10
	OBDF	60	N.D.	N.D.	160	60	N.D.
Total PBDFs		91	10	8.0	280	98	15
Total PBDDs/PBDFs		91	10	8.0	280	98	15

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 4 排水中のPBDDs/DFs分析結果(毒性等量相当値)(pg-TEQ/L)

物質名		B-1施設					
		処理後総合排水No.1			処理後総合排水No.2		
		1	2		1	2	
			懸濁態	溶存態		懸濁態	溶存態
PBDDs	2,3,7,8-TeBDD	0	0	0	0	0	0
	1,2,3,7,8-PeBDD	0	0	0	0	0	0
	1,2,3,4,7,8-HxBDD	0	0	0	0	0	0
	1,2,3,6,7,8-HxBDD	0	0	0	0	0	0
	1,2,3,7,8,9-HxBDD	0	0	0	0	0	0
	OBDD	0	0	0	0	0	0
PBDFs	2,3,7,8-TeBDF	0	0	0	0.14	0.11	0
	1,2,3,7,8-PeBDF	0	0	0	0	0	0
	2,3,4,7,8-PeBDF	0	0	0	0	0	0
	1,2,3,4,7,8-HxBDF	0	0	0	0	0	0
	1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0.20	0.080	0.070	0.41	0.21	0.10
	OBDF	0.006	0	0	0.016	0.006	0
Total TEQ		0.21	0.080	0.070	0.57	0.33	0.10

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

* 毒性等量相当値は、検出下限未満を「0」として算出した値である。

表 5 排水中のPBDDs/DFs分析結果(実測濃度)(pg/L)

物質名		B-2施設					
		処理前総合排水		処理後総合排水			
		1	2	1		2	
				懸濁態	溶存態	懸濁態	溶存態
PBDDs	2,3,7,8-TeBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	TeBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8-PeBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PeBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,7,8-HxBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,6,7,8-HxBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8,9-HxBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HxBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HpBDDs	44	16	64	N.D.	40	N.D.
	OBDD	2200	760	2000	100	2300	80
Total PBDDs		2200	780	2100	100	2300	80
PBDFs	2,3,7,8-TeBDF	1.6	1.4	2.2	N.D.	1.8	0.90
	TeBDFs	63	30	95	56	94	45
	1,2,3,7,8-PeBDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	2,3,4,7,8-PeBDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PeBDFs	120	53	140	51	150	42
	1,2,3,4,7,8-HxBDF	50	N.D.	40	N.D.	40	N.D.
	HxBDFs	440	140	300	30	430	40
	1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	5600	2700	3800	230	5200	290
	HpBDFs	5600	2700	3800	230	5200	290
	OBDF	20000	33000	26000	2600	25000	3500
Total PBDFs		26000	36000	30000	3000	31000	3900
Total PBDDs/PBDFs		28000	37000	32000	3100	33000	4000

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 6 排水中のPBDDs/DFs分析結果(毒性等量相当値)(pg-TEQ/L)

物質名		B-2施設					
		処理前総合排水		処理後総合排水			
		1	2	1		2	
				懸濁態	溶存態	懸濁態	溶存態
PBDDs	2,3,7,8-TeBDD	0	0	0	0	0	0
	1,2,3,7,8-PeBDD	0	0	0	0	0	0
	1,2,3,4,7,8-HxBDD	0	0	0	0	0	0
	1,2,3,6,7,8-HxBDD	0	0	0	0	0	0
	1,2,3,7,8,9-HxBDD	0	0	0	0	0	0
	OBDD	0.22	0.076	0.20	0.010	0.23	0.008
	Total PBDDs	0.22	0.076	0.20	0.010	0.23	0.008
PBDFs	2,3,7,8-TeBDF	0.16	0.14	0.22	0	0.18	0.09
	1,2,3,7,8-PeBDF	0	0	0	0	0	0
	2,3,4,7,8-PeBDF	0	0	0	0	0	0
	1,2,3,4,7,8-HxBDF	5.0	0	4.0	0	4.0	0
	1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	56	27	38	2.3	52	2.9
	OBDF	2.0	3.3	2.6	0.26	2.5	0.35
Total TEQ		63	31	45	2.6	59	3.3

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

* 毒性等量相当値は、検出下限未満を「0」として算出した値である。

表 7 排水中のPBDDs/DFs分析結果(実測濃度)(pg/L)

物質名		B-3施設					
		処理前総合排水		処理後総合排水			
		1	2	1		2	
				懸濁態	溶存態	懸濁態	溶存態
PBDDs	2,3,7,8-TeBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	TeBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8-PeBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PeBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,7,8-HxBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,6,7,8-HxBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8,9-HxBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HxBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HpBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	OBDD	150	150	60	N.D.	70	N.D.
Total PBDDs		150	150	60	N.D.	70	N.D.
PBDFs	2,3,7,8-TeBDF	19	13	6.9	10	5.1	9.8
	TeBDFs	1200	760	460	710	390	670
	1,2,3,7,8-PeBDF	11	10	N.D.	N.D.	N.D.	5.0
	2,3,4,7,8-PeBDF	22	11	6.0	12	N.D.	9.0
	PeBDFs	1100	1000	340	480	290	450
	1,2,3,4,7,8-HxBDF	80	50	20	N.D.	N.D.	30
	HxBDFs	1800	1000	510	680	360	710
	1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	2000	1200	750	490	700	580
	HpBDFs	2000	1200	750	490	700	580
	OBDF	13000	10000	7500	720	7000	920
Total PBDFs		19000	14000	9600	3100	8700	3300
Total PBDDs/PBDFs		19000	14000	9600	3100	8800	3300

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 8 排水中のPBDDs/DFs分析結果(毒性等量相当値)(pg-TEQ/L)

物質名		B-3施設					
		処理前総合排水		処理後総合排水			
		1	2	1		2	
				懸濁態	溶存態	懸濁態	溶存態
PBDDs	2,3,7,8-TeBDD	0	0	0	0	0	0
	1,2,3,7,8-PeBDD	0	0	0	0	0	0
	1,2,3,4,7,8-HxBDD	0	0	0	0	0	0
	1,2,3,6,7,8-HxBDD	0	0	0	0	0	0
	1,2,3,7,8,9-HxBDD	0	0	0	0	0	0
	OBDD	0.015	0.015	0.006	0	0.007	0
	Total PBDDs						
PBDFs	2,3,7,8-TeBDF	1.9	1.3	0.69	1.0	0.51	0.98
	1,2,3,7,8-PeBDF	0.55	0.50	0	0	0	0.25
	2,3,4,7,8-PeBDF	11	5.5	3.0	6.0	0	4.5
	1,2,3,4,7,8-HxBDF	8.0	5.0	2.0	0	0	3.0
	1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	20	12	7.5	4.9	7.0	5.8
	OBDF	1.3	1.0	0.75	0.072	0.70	0.092
	Total PBDFs						
Total TEQ		43	25	14	12	8.2	15

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

* 毒性等量相当値は、検出下限未満を「0」として算出した値である。

表 9 試作染色試験のPBDDs/DFs分析結果(実測濃度)(pg/L)

物質名		B-1施設			
		試作染色試験			
		染色廃液A	染色廃液B	難燃加工 後廃液A	難燃加工 後廃液B
PBDDs	2,3,7,8-TeBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	TeBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8-PeBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PeBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,7,8-HxBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,6,7,8-HxBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8,9-HxBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HxBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HpBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	OBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Total PBDDs		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PBDFs	2,3,7,8-TeBDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	TeBDFs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8-PeBDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	2,3,4,7,8-PeBDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PeBDFs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,7,8-HxBDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HxBDFs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HpBDFs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	OBDF	N.D.	N.D.	N.D.	90
Total PBDFs		N.D.	N.D.	N.D.	90
Total PBDDs/PBDFs		N.D.	N.D.	N.D.	90

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 10 試作染色試験のPBDDs/DFs分析結果(毒性等量相当値)(pg-TEQ/L)

物質名		B-1施設			
		試作染色試験機試験			
		染色廃液A	染色廃液B	難燃加工 後廃液A	難燃加工 後廃液B
PBDDs	2,3,7,8-TeBDD	0	0	0	0
	1,2,3,7,8-PeBDD	0	0	0	0
	1,2,3,4,7,8-HxBDD	0	0	0	0
	1,2,3,6,7,8-HxBDD	0	0	0	0
	1,2,3,7,8,9-HxBDD	0	0	0	0
	OBDD	0	0	0	0
PBDFs	2,3,7,8-TeBDF	0	0	0	0
	1,2,3,7,8-PeBDF	0	0	0	0
	2,3,4,7,8-PeBDF	0	0	0	0
	1,2,3,4,7,8-HxBDF	0	0	0	0
	1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0	0	0	0
	OBDF	0	0	0	0.0090
Total TEQ		0	0	0	0.0090

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

* 毒性等量相当値は、検出下限未満を「0」として算出した値である。

表 11 難燃剤及び染料等のPBDDs/DFs分析結果(実測濃度)(ng/g)

物質名		B-1施設			
		難燃剤 (HBCD)	染料A	染料B	染料C
PBDDs	2,3,7,8-TeBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	TeBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	0.020
	1,2,3,7,8-PeBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PeBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,7,8-HxBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,6,7,8-HxBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8,9-HxBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HxBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HpBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	OBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Total PBDDs		N.D.	N.D.	N.D.	0.020
PBDFs	2,3,7,8-TeBDF	N.D.	1.5	0.55	0.93
	TeBDFs	N.D.	2.3	1.5	2.2
	1,2,3,7,8-PeBDF	N.D.	0.39	1.6	1.1
	2,3,4,7,8-PeBDF	N.D.	0.06	N.D.	0.09
	PeBDFs	N.D.	0.54	1.7	1.4
	1,2,3,4,7,8-HxBDF	N.D.	N.D.	0.30	0.30
	HxBDFs	N.D.	N.D.	0.30	0.40
	1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	N.D.	0.09	0.17	0.16
	HpBDFs	N.D.	0.09	0.17	0.16
	OBDF	0.50	N.D.	N.D.	N.D.
Total PBDFs		0.50	2.9	3.7	4.2
Total PBDDs/PBDFs		0.50	2.9	3.7	4.2

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 12 染料・難燃剤中のPBDDs/DFs分析結果(毒性等量相当値)(ng-TEQ/g)

物質名		B-1施設			
		難燃剤 (HBCD)	染料A	染料B	染料C
PBDDs	2,3,7,8-TeBDD	0	0	0	0
	1,2,3,7,8-PeBDD	0	0	0	0
	1,2,3,4,7,8-HxBDD	0	0	0	0
	1,2,3,6,7,8-HxBDD	0	0	0	0
	1,2,3,7,8,9-HxBDD	0	0	0	0
	OBDD	0	0	0	0
PBDFs	2,3,7,8-TeBDF	0	0.15	0.055	0.093
	1,2,3,7,8-PeBDF	0	0.0195	0.080	0.055
	2,3,4,7,8-PeBDF	0	0.030	0	0.045
	1,2,3,4,7,8-HxBDF	0	0	0.030	0.030
	1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0	0.0009	0.0017	0.0016
	OBDF	0.00005	0	0	0
Total TEQ		0.00005	0.20	0.17	0.22

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

* 毒性等量相当値は、検出下限未満を「0」として算出した値である。

表 13 難燃剤及び染料等のPBDDs/DFs分析結果(実測濃度)(ng/g)

物質名		B-2施設				
		難燃剤 (HBCD)	難燃剤 (DeBDE)	難燃剤(DeBDE)+アルカリ増粘剤		
				攪拌時間 1/2倍	攪拌時間 等倍	攪拌時間 5倍
PBDDs	2,3,7,8-TeBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	TeBDDs	N.D.	N.D.	0.05	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8-PeBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PeBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,7,8-HxBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,6,7,8-HxBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8,9-HxBDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HxBDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HpBDDs	N.D.	5.6	0.83	0.98	0.66
	OBDD	N.D.	150	55	69	67
Total PBDDs		N.D.	160	56	70	68
PBDFs	2,3,7,8-TeBDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	TeBDFs	N.D.	0.14	0.052	0.083	0.049
	1,2,3,7,8-PeBDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	2,3,4,7,8-PeBDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PeBDFs	N.D.	1.9	0.53	0.47	0.49
	1,2,3,4,7,8-HxBDF	N.D.	7.4	2.9	2.6	2.9
	HxBDFs	N.D.	170	38	35	36
	1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	N.D.	2300	880	1000	980
	HpBDFs	N.D.	2300	880	1000	980
	OBDF	N.D.	7900	3100	5400	5800
Total PBDFs		N.D.	10000	4000	6400	6800
Total PBDDs/PBDFs		N.D.	11000	4100	6500	6900

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 14 難燃剤中のPBDDs/DFs分析結果(毒性等量相当値)(ng-TEQ/g)

物質名		B-2施設				
		難燃剤 (HBCD)	難燃剤 (DeBDE)	難燃剤(DeBDE)+アルカリ増粘剤		
				攪拌時間 1/2倍	攪拌時間 等倍	攪拌時間 5倍
PBDDs	2,3,7,8-TeBDD	0	0	0	0	0
	1,2,3,7,8-PeBDD	0	0	0	0	0
	1,2,3,4,7,8-HxBDD	0	0	0	0	0
	1,2,3,6,7,8-HxBDD	0	0	0	0	0
	1,2,3,7,8,9-HxBDD	0	0	0	0	0
	OBDD	0	0.015	0.0055	0.0069	0.0067
PBDFs	2,3,7,8-TeBDF	0	0	0	0	0
	1,2,3,7,8-PeBDF	0	0	0	0	0
	2,3,4,7,8-PeBDF	0	0	0	0	0
	1,2,3,4,7,8-HxBDF	0	0.74	0.29	0.26	0.29
	1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0	23	8.8	10	9.8
	OBDF	0	0.79	0.31	0.54	0.58
Total TEQ		0	25	9.4	11	11

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

* 毒性等量相当値は、検出下限未満を「0」として算出した値である。

表 15 難燃剤及び染料等のPBDDs/DFs分析結果(実測濃度)(ng/g)

物質名		B-3施設
		難燃剤 (HBCD)
PBDDs	2,3,7,8-TeBDD	N.D.
	TeBDDs	N.D.
	1,2,3,7,8-PeBDD	N.D.
	PeBDDs	N.D.
	1,2,3,4,7,8-HxBDD	N.D.
	1,2,3,6,7,8-HxBDD	N.D.
	1,2,3,7,8,9-HxBDD	N.D.
	HxBDDs	N.D.
	HpBDDs	N.D.
	OBDD	N.D.
Total PBDDs		N.D.
PBDFs	2,3,7,8-TeBDF	N.D.
	TeBDFs	N.D.
	1,2,3,7,8-PeBDF	N.D.
	2,3,4,7,8-PeBDF	N.D.
	PeBDFs	N.D.
	1,2,3,4,7,8-HxBDF	N.D.
	HxBDFs	N.D.
	1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0.060
	HpBDFs	0.060
	OBDF	N.D.
Total PBDFs		0.060
Total PBDDs/PBDFs		0.060

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 16 難燃剤中のPBDDs/DFs分析結果(毒性等量相当値)(ng-TEQ/g)

物質名		B-3施設
		難燃剤 (HBCD)
PBDDs	2,3,7,8-TeBDD	0
	1,2,3,7,8-PeBDD	0
	1,2,3,4,7,8-HxBDD	0
	1,2,3,6,7,8-HxBDD	0
	1,2,3,7,8,9-HxBDD	0
	OBDD	0
PBDFs	2,3,7,8-TeBDF	0
	1,2,3,7,8-PeBDF	0
	2,3,4,7,8-PeBDF	0
	1,2,3,4,7,8-HxBDF	0
	1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0.0006
	OBDF	0
Total TEQ		0.0006

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

* 毒性等量相当値は、検出下限未満を「0」として算出した値である。

表 17 排水中のPCDDs/DFs・Co-PCB分析結果(実測濃度)(pg/L)

物質名		B-1施設	
		処理前総合排水	
		1回目	2回目
PCDDs	1,3,6,8-TeCDD	5.2	1.1
	1,3,7,9-TeCDD	3.0	0.40
	2,3,7,8-TeCDD	N.D.	N.D.
	TeCDDs	10	1.5
	1,2,3,7,8-PeCDD	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,7 + 1,2,4,6,9-PeCDD	N.D.	N.D.
	PeCDDs	7.5	3.7
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	N.D.	N.D.
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.80	0.60
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	N.D.	N.D.
	HxCDDs	12	12
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	12	18
	1,2,3,4,6,7,9-HpCDD	13	15
	HpCDDs	24	32
	OCDD	77	110
	Total PCDDs	130	160
PCDFs	1,2,7,8-TeCDF	0.50	N.D.
	2,3,7,8-TeCDF	N.D.	N.D.
	TeCDFs	82	97
	1,2,3,7,8 + 1,2,3,4,8-PeCDF	19	16
	2,3,4,7,8-PeCDF	0.40	N.D.
	PeCDFs	110	120
	1,2,3,4,7,8 + 1,2,3,4,7,9-HxCDF	8.0	6.1
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.90	N.D.
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	N.D.	N.D.
	2,3,4,6,7,8-HxCDF	14	13
	HxCDFs	32	29
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	4.8	3.5
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	5.0	4.0
	1,2,3,4,6,7,9-HpCDF	N.D.	N.D.
	HpCDFs	19	16
	OCDF	10	6.6
	Total PCDFs	250	270
Total (PCDDs+PCDFs)		380	430
Co-PCB	3,4,4',5-TeCB(#81)	6.5	5.4
	3,3',4,4'-TeCB(#77)	51	20
	3,3',4,4',5-PeCB(#126)	4.8	2.2
	3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	2.4	0.50
	Total ノンオルト体	65	28
	2',3,4,4',5-PeCB(#123)	10	8.6
	2,3',4,4',5-PeCB(#118)	130	46
	2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	62	19
	2,3,4,4',5-PeCB(#114)	8.9	4.9
	2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	20	1.7
	2,3,3',4,4',5-HxCB(#156)	64	3.0
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	17	1.2
	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	14	1.1
	Total モノオルト体	330	86
	2,2',3,4,4',5,5'-HpCB(#180)	16	31
	2,2',3,3',4,4',5-HpCB(#170)	51	33
	Total シオルト体	67	64
Total コプラナーPCB		460	180
Total (PCDDs+PCDFs+コプラナーPCB)		840	610
毒性等量 (pg-TEQ/L)	Total PCDDs/Fs	3.7	3.0
	Total Co-PCB	0.58	0.23
	Total PCDDs/Fs・ Co-PCB	4.3	3.2

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 18 排水中のPCDDs/DFs・Co-PCB分析結果(μg/L)

物質名		B-1施設					
		処理後総合排水(No.1)			処理後総合排水(No.2)		
		1回目	1回目		2回目	2回目	
			懸濁態	溶存態		懸濁態	溶存態
PCDDs	1,3,6,8-TeCDD	0.50	N.D.	1.4	1.3	0.40	0.40
	1,3,7,9-TeCDD	N.D.	N.D.	1.0	0.60	N.D.	N.D.
	2,3,7,8-TeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	TeCDDs	0.50	N.D.	3.1	2.4	0.40	0.40
	1,2,3,7,8-PeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,7 + 1,2,4,6,9-PeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PeCDDs	1.6	0.50	7.6	3.7	2.1	2.0
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	N.D.	N.D.	0.60	0.90	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HxCDDs	4.0	2.3	11	12	10	4.9
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	3.7	1.7	2.2	14	12	6.2
	1,2,3,4,6,7,9-HpCDD	3.5	1.4	2.3	12	9.5	6.9
	HpCDDs	6.4	2.2	3.7	25	21	12
	OCDD	14	6.0	4.0	75	53	35
Total PCDDs		27	11	29	120	87	54
PCDFs	1,2,7,8-TeCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	2,3,7,8-TeCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	TeCDFs	16	2.9	2.7	26	9.5	16
	1,2,3,7,8 + 1,2,3,4,8-PeCDF	3.4	0.60	0.80	5.8	1.9	3.6
	2,3,4,7,8-PeCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PeCDFs	46	4.6	4.5	37	16	23
	1,2,3,4,7,8 + 1,2,3,4,7,9-HxCDF	0.90	N.D.	N.D.	2.1	0.90	1.3
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	表 4 排水中のPBDDs/DFs分析結果(毒性)	2.5	0.70	1.2	8.3	2.9	5.2
	HxCDFs	5.1	0.70	1.2	14	5.0	8.2
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.70	N.D.	N.D.	2.1	1.1	1.1
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.70	N.D.	N.D.	1.7	0.70	0.97
	1,2,3,4,6,7,9-HpCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HpCDFs	2.6	N.D.	N.D.	6.8	3.0	3.9
	OCDF	1.0	N.D.	N.D.	3.0	1.0	2.0
Total PCDFs		71	8.2	8.4	87	35	53
Total (PCDDs+PCDFs)		97	19	38	200	120	110
Co-PCB	3,4,4',5-TeCB(#81)	0.80	1.9	0.30	2.4	0.80	0.90
	3,3',4,4'-TeCB(#77)	4.5	5.5	1.1	11	3.2	3.3
	3,3',4,4',5-PeCB(#126)	0.80	1.4	N.D.	0.70	N.D.	0.40
	3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	0.40	0.80	N.D.	0.30	N.D.	N.D.
	Total ホノルトル体	6.5	9.6	1.4	14	4.0	4.6
	2',3,4,4',5-PeCB(#123)	1.3	2.4	0.60	3.7	1.5	1.4
	2,3',4,4',5-PeCB(#118)	22	16	2.6	25	10	9.8
	2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	10	7.1	0.90	12	3.4	3.2
	2,3,4,4',5-PeCB(#114)	0.90	2.2	0.40	2.6	1.0	1.1
	2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	3.3	0.90	N.D.	0.80	0.40	0.30
	2,3,3',4,4',5-HxCB(#156)	6.0	2.3	N.D.	1.6	0.70	0.50
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	1.9	1.1	N.D.	0.70	0.30	0.30
	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	1.3	1.1	N.D.	0.30	N.D.	0.30
	Total モノオルト体	47	33	4.5	47	17	17
	2,2',3,4,4',5,5'-HpCB(#180)	4.1	1.9	2.7	5.7	3.1	4.1
	2,2',3,3',4,4',5-HpCB(#170)	2.1	1.2	1.2	4.6	2.5	3.5
Total シオルト体		6.2	3.1	3.9	10	5.6	7.6
Total コプラナーPCB		59	46	9.8	71	27	29
Total (PCDDs+PCDFs+コプラナーPCB)		160	65	48	280	150	140
毒性等量 (μg-TEQ/L)	Total PCDDs/Fs	0.56	0.12	0.24	1.6	0.62	0.92
	Total Co-PCB	0.092	0.15	0.00075	0.081	0.0029	0.043
	Total PCDDs/Fs ・ Co-PCB	0.65	0.27	0.24	1.7	0.62	0.96

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 19 排水中のPCDDs/DFs・Co-PCB分析結果(pg/L)

物質名		B-2施設					
		処理前総合排水		処理後総合排水			
				1回目		2回目	
		1回目	2回目	懸濁態	溶存態	懸濁態	溶存態
PCDDs	1,3,6,8-TeCDD	4.6	2.7	1.1	0.60	1.4	0.70
	1,3,7,9-TeCDD	2.0	1.0	0.50	N.D.	0.50	0.30
	2,3,7,8-TeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	TeCDDs	7.3	3.8	1.7	0.60	1.9	1.1
	1,2,3,7,8-PeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,7 + 1,2,4,6,9-PeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PeCDDs	7.7	7.1	4.2	1.2	4.6	1.3
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	5.8	1.3	2.4	N.D.	2.5	N.D.
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	1.0	N.D.	0.60	N.D.	N.D.	N.D.
	HxCDDs	29	41	28	1.6	30	1.9
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	20	31	26	0.90	32	1.0
	1,2,3,4,6,7,9-HpCDD	23	79	36	1.3	49	2.1
	HpCDDs	42	110	61	1.4	81	2.2
	OCDD	55	100	75	2.0	100	4.0
	Total PCDDs		140	260	170	6.8	220
PCDFs	1,2,7,8-TeCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	2,3,7,8-TeCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	TeCDFs	23	11	13	11	16	15
	1,2,3,7,8 + 1,2,3,4,8-PeCDF	5.8	6.8	4.3	2.3	5.8	3.3
	2,3,4,7,8-PeCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PeCDFs	42	20	27	17	35	20
	1,2,3,4,7,8 + 1,2,3,4,7,9-HxCDF	2.4	6.7	3.1	0.60	4.0	0.90
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	2,3,4,6,7,8-HxCDF	62	3.8	18	10	24	12
	HxCDFs	67	13	25	12	33	14
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	2.9	2.7	3.9	0.70	5.7	0.90
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	1.2	2.0	1.3	N.D.	1.9	N.D.
	1,2,3,4,6,7,9-HpCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HpCDFs	6.1	9.4	7.6	0.70	11	1.5
	OCDF	7.0	7.0	9.0	1.0	13	2.0
Total PCDFs		150	60	82	42	110	53
Total (PCDDs+PCDFs)		290	320	250	49	330	63
Co-PCB	3,4,4',5-TeCB(#81)	6.5	6.3	4.5	3.7	5.8	4.5
	3,3',4,4'-TeCB(#77)	4.3	3.1	5.3	1.8	3.6	2.9
	3,3',4,4',5-PeCB(#126)	0.40	0.50	1.3	N.D.	0.90	0.40
	3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	0.40	0.50	1.5	N.D.	0.70	N.D.
	Total ノンオルト体	12	10	13	5.5	11	7.8
	2',3,4,4',5-PeCB(#123)	7.4	9.3	6.4	3.5	9.1	4.4
	2,3',4,4',5-PeCB(#118)	21	9.5	21	8.5	22	10
	2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	6.7	2.5	7.4	2.9	9.2	3.2
	2,3,4,4',5-PeCB(#114)	6.3	6.2	5.1	2.7	7.2	4.0
	2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	0.80	0.50	1.2	0.50	3.7	0.60
	2,3,3',4,4',5-HxCB(#156)	1.7	0.60	3.0	1.0	6.4	1.1
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	0.50	0.30	1.2	N.D.	1.8	N.D.
	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	1.0	1.2	2.0	N.D.	3.1	0.60
	Total モノオルト体	45	30	47	19	63	24
	2,2',3,4,4',5,5'-HpCB(#180)	3.9	4.3	2.6	4.2	5.3	4.8
	2,2',3,3',4,4',5-HpCB(#170)	2.8	2.4	1.6	3.3	3.2	3.6
Total シオルト体		6.7	6.7	4.2	7.5	8.5	8.4
Total コプラナー-PCB		64	47	64	32	82	40
Total(PCDDs+PCDFs+コプラナー-PCB)		350	370	320	81	410	100
毒性等量 (pg-TEQ/L)	Total PCDDs/Fs	7.7	1.9	2.9	1.2	3.7	1.5
	Total Co-PCB	0.053	0.062	0.15	0.0039	0.11	0.045
	Total PCDDs/Fs ・ Co-PCB	7.7	1.9	3.1	1.2	3.9	1.5

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 20 排水中のPCDDs/DFs・Co-PCB分析結果(pg/L)

物質名		B-3施設					
		処理前総合排水		処理後総合排水			
				1回目		2回目	
		1回目	2回目	懸濁態	溶存態	懸濁態	溶存態
PCDDs	1,3,6,8-TeCDD	8.6	1.7	0.60	0.70	0.60	0.70
	1,3,7,9-TeCDD	7.3	1.0	0.30	0.40	0.40	0.30
	2,3,7,8-TeCDD	0.40	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	TeCDDs	33	3.8	0.90	1.1	1.0	1.0
	1,2,3,7,8-PeCDD	11	1.6	N.D.	0.50	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,7 + 1,2,4,6,9-PeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PeCDDs	260	30	6.0	8.2	5.7	6.7
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	6.1	1.2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	65	7.5	1.4	2.0	1.3	1.6
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	75	8.1	1.3	1.9	1.3	1.9
	HxCDDs	940	110	24	31	30	25
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	220	34	16	17	24	8.8
	1,2,3,4,6,7,9-HpCDD	330	53	31	28	43	14
	HpCDDs	550	87	46	43	66	22
	OCDD	210	190	280	190	270	57
Total PCDDs		2000	420	360	270	370	110
PCDFs	1,2,7,8-TeCDF	2.3	0.80	0.40	0.40	N.D.	0.40
	2,3,7,8-TeCDF	1.6	0.60	N.D.	0.30	N.D.	N.D.
	TeCDFs	240	120	23	28	21	30
	1,2,3,7,8 + 1,2,3,4,8-PeCDF	2.3	1.3	0.70	0.60	0.50	0.8
	2,3,4,7,8-PeCDF	0.80	0.5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PeCDFs	290	260	44	54	43	57
	1,2,3,4,7,8 + 1,2,3,4,7,9-HxCDF	0.90	0.50	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.80	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	2,3,4,6,7,8-HxCDF	5.1	5.5	0.90	1.3	0.70	1.2
	HxCDFs	10	11	1.9	3.3	0.70	2.9
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1.1	1.5	N.D.	N.D.	1.5	1.5
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.80	0.50	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,6,7,9-HpCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HpCDFs	3.9	3.5	0.60	0.60	1.5	2.0
OCDF	1.0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
Total PCDFs		540	390	70	86	66	92
Total (PCDDs+PCDFs)		2500	820	430	360	440	200
Co-PCB	3,4,4',5-TeCB(#81)	12	4.0	1.4	2.0	1.3	1.8
	3,3',4,4'-TeCB(#77)	31	13	8.3	9.8	7.1	8.7
	3,3',4,4',5-PeCB(#126)	1.6	0.80	N.D.	0.80	0.50	0.70
	3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	0.40	N.D.	N.D.	N.D.	0.30	N.D.
	Total ノンオルト体	45	18	9.7	13	9.2	11
	2',3,4,4',5-PeCB(#123)	8.0	3.6	1.4	2.3	1.4	2.1
	2,3',4,4',5-PeCB(#118)	250	180	75	99	69	82
	2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	82	57	26	37	25	31
	2,3,4,4',5-PeCB(#114)	8.4	6.9	2.8	4.0	2.5	3.4
	2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	14	7.2	2.2	3.2	2.6	2.6
	2,3,3',4,4',5-HxCB(#156)	29	15	5.1	6.5	6.5	5.5
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	6.0	2.6	1.2	1.9	1.5	1.4
	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	4.1	1.8	N.D.	0.80	0.80	0.70
	Total モノオルト体	400	270	110	150	110	130
	2,2',3,4,4',5,5'-HpCB(#180)	110	72	12	15	9.4	12
2,2',3,3',4,4',5-HpCB(#170)	67	44	9.2	11	6.9	9.0	
Total ジオルト体		180	120	21	26	16	21
Total コプラナー-PCB		620	410	140	190	130	160
Total(PCDDs+PCDFs+コプラナー-PCB)		3200	1200	570	550	570	360
毒性等量 (pg-TEQ/L)	Total PCDDs/Fs	30	4.6	0.58	1.3	0.64	0.62
	Total Co-PCB	0.22	0.12	0.016	0.10	0.069	0.088
	Total PCDDs/Fs ・ Co-PCB	30	4.8	0.60	1.4	0.71	0.71

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 21 試作染色試験のPCDDs/DFs・Co-PCB分析結果(pg/L)

物質名		B-1施設			
		試作染色試験			
		染色廃液A	染色廃液B	難燃加工 後廃液A	難燃加工 後廃液B
PCDDs	1,3,6,8-TeCDD	0.80	N.D.	N.D.	N.D.
	1,3,7,9-TeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	2,3,7,8-TeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	TeCDDs	0.80	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8-PeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,7 + 1,2,4,6,9-PeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PeCDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HxCDDs	N.D.	N.D.	N.D.	1.0
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,6,7,9-HpCDD	2.1	N.D.	N.D.	1.5
	HpCDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	OCDD	12	N.D.	N.D.	6.0
Total PCDDs		13	N.D.	N.D.	7.0
PCDFs	1,2,7,8-TeCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	2,3,7,8-TeCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	TeCDFs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8 + 1,2,3,4,8-PeCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	2,3,4,7,8-PeCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PeCDFs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,7,8 + 1,2,3,4,7,9-HxCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	2,3,4,6,7,8-HxCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HxCDFs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,6,7,9-HpCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HpCDFs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	OCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Total PCDFs		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Total (PCDDs+PCDFs)		13	N.D.	N.D.	7.0
Co-PCB	3,4,4',5'-TeCB(#81)	1.4	3.8	1.4	2.7
	3,3',4,4'-TeCB(#77)	2.1	5.9	1.9	3.7
	3,3',4,4',5'-PeCB(#126)	1.1	N.D.	N.D.	0.9
	3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Total ノンオルト体	4.6	9.7	3.3	7.3
	2',3,4,4',5'-PeCB(#123)	N.D.	N.D.	N.D.	0.50
	2,3',4,4',5'-PeCB(#118)	19	7.0	3.0	15
	2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	6.8	4.5	1.2	7.9
	2,3,4,4',5'-PeCB(#114)	1.0	N.D.	0.60	2.0
	2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	2.1	N.D.	N.D.	1.2
	2,3,3',4,4',5-HxCB(#156)	4.3	0.90	N.D.	3.4
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	1.1	N.D.	N.D.	1.2
	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	1.6	N.D.	N.D.	0.70
	Total モノオルト体	36	12	4.8	32
	2,2',3,4,4',5,5'-HpCB(#180)	5.8	6.8	2.9	5.0
	2,2',3,3',4,4',5-HpCB(#170)	3.3	4.8	4.4	3.5
Total シオルト体		9.1	12	7.3	8.5
Total コプラナーPCB		50	34	15	48
Total (PCDDs+PCDFs+コプラナーPCB)		62	34	15	55
毒性等量 (pg-TEQ/L)	Total PCDDs/Fs	0.0012	0	0	0.0006
	Total Co-PCB	0.12	0.0026	0.0011	0.096
	Total PCDDs/Fs・ Co-PCB	0.12	0.0026	0.0011	0.097

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 22 難燃剤及び染料等のPCDDs/DFs・Co-PCB分析結果(ng/g)

物質名		B-1施設			
		難燃剤 (HBCD)	染料A	染料B	染料C
PCDDs	1,3,6,8-TeCDD	0.007	0.004	0.14	N.D.
	1,3,7,9-TeCDD	0.003	N.D.	0.059	N.D.
	2,3,7,8-TeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	TeCDDs	0.010	0.004	0.20	N.D.
	1,2,3,7,8-PeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,7 + 1,2,4,6,9-PeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PeCDDs	N.D.	0.008	0.063	0.067
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.010	N.D.	0.029	0.035
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	N.D.	N.D.	0.025	0.017
	HxCDDs	0.019	0.23	1.2	1.3
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	N.D.	0.10	3.7	1.5
	1,2,3,4,6,7,9-HpCDD	N.D.	0.15	9.6	4.3
	HpCDDs	N.D.	0.25	13	5.8
	OCDD	0.010	1.3	120	30
	Total PCDDs	0.039	1.8	130	37
PCDFs	1,2,7,8-TeCDF	N.D.	0.005	0.018	0.061
	2,3,7,8-TeCDF	N.D.	0.010	0.013	0.055
	TeCDFs	N.D.	0.069	0.15	0.27
	1,2,3,7,8 + 1,2,3,4,8-PeCDF	N.D.	0.068	0.007	0.065
	2,3,4,7,8-PeCDF	N.D.	N.D.	0.006	0.021
	PeCDFs	N.D.	0.13	0.14	0.37
	1,2,3,4,7,8 + 1,2,3,4,7,9-HxCDF	N.D.	0.019	0.010	0.068
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	N.D.	0.008	0.007	0.034
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	2,3,4,6,7,8-HxCDF	N.D.	0.10	0.11	0.087
	HxCDFs	N.D.	0.23	0.33	0.34
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	N.D.	0.013	0.088	0.052
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	N.D.	0.009	0.013	0.013
	1,2,3,4,6,7,9-HpCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HpCDFs	N.D.	0.035	0.13	0.086
	OCDF	N.D.	N.D.	0.040	0.019
	Total PCDFs	N.D.	0.46	0.79	1.1
Total (PCDDs+PCDFs)		0.039	2.3	140	38
Co-PCB	3,4,4',5'-TeCB(#81)	N.D.	0.82	1.2	0.22
	3,3',4,4'-TeCB(#77)	0.003	0.86	22	0.11
	3,3',4,4',5'-PeCB(#126)	N.D.	0.015	0.055	0.019
	3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	N.D.	0.02	0.027	N.D.
	Total ノンオルト体	0.003	1.7	23	0.35
	2',3,4,4',5'-PeCB(#123)	N.D.	0.046	0.12	0.022
	2,3',4,4',5'-PeCB(#118)	0.012	0.10	0.38	0.23
	2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	0.007	0.15	0.075	0.14
	2,3,4,4',5'-PeCB(#114)	N.D.	0.18	1.2	0.15
	2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	N.D.	0.009	N.D.	N.D.
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#156)	N.D.	0.020	0.048	0.014
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	N.D.	0.018	0.007	N.D.
	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	N.D.	0.015	0.055	0.013
	Total モノオルト体	0.019	0.54	1.9	0.57
	2,2',3,4,4',5,5'-HpCB(#180)	0.003	0.019	0.009	0.013
	2,2',3,3',4,4',5'-HpCB(#170)	N.D.	0.76	3.4	0.027
	Total シオルト体	0.003	0.78	3.4	0.040
Total コプラナーPCB		0.025	3.0	29	0.96
Total (PCDDs+PCDFs+コプラナーPCB)		0.064	5.3	160	39
毒性等量 (pg-TEQ/g)	Total PCDDs/Fs	0.0010	0.018	0.073	0.062
	Total Co-PCB	0.0000022	0.0020	0.0088	0.0021
	Total PCDDs/Fs・ Co-PCB	0.0010	0.020	0.082	0.064

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 23 難燃剤及び染料等のPCDDs/DFs・Co-PCB分析結果(ng/g)

物質名		B-2施設				
		難燃剤 (HBCD)	難燃剤 (DeBDE)	難燃剤(DeBDE)+アルカリ増粘剤		
				攪拌時間 1/2倍	攪拌時間 等倍	攪拌時間 5倍
PCDDs	1,3,6,8-TeCDD	0.003	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,3,7,9-TeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	2,3,7,8-TeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	TeCDDs	0.003	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8-PeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,7 + 1,2,4,6,9-PeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PeCDDs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.013	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HxCDDs	0.025	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	N.D.	N.D.	N.D.	0.0050	0.0050
	1,2,3,4,6,7,9-HpCDD	N.D.	0.0059	N.D.	0.0063	0.0057
	HpCDDs	N.D.	0.0060	N.D.	0.011	0.011
	OCDD	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
	Total PCDDs	0.038	0.016	0.01	0.021	0.021
PCDFs	1,2,7,8-TeCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	2,3,7,8-TeCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	TeCDFs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8 + 1,2,3,4,8-PeCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	2,3,4,7,8-PeCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PeCDFs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,7,8 + 1,2,3,4,9-HxCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	2,3,4,6,7,8-HxCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HxCDFs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,2,3,4,6,7,9-HpCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	HpCDFs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	OCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Total PCDFs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Total (PCDDs+PCDFs)		0.038	0.016	0.010	0.021	0.021
Co-PCB	3,4,4',5-TeCB(#81)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	3,3',4,4'-TeCB(#77)	N.D.	0.002	N.D.	N.D.	0.004
	3,3',4,4',5-PeCB(#126)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Total ノンオルト体	N.D.	0.002	N.D.	N.D.	0.004
	2',3,4,4',5-PeCB(#123)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	2,3',4,4',5-PeCB(#118)	N.D.	0.012	0.007	0.005	0.019
	2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	N.D.	0.005	0.005	N.D.	0.009
	2,3,4,4',5-PeCB(#114)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.003
	2,3,3',4,4',5-HxCB(#156)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.007
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Total モノオルト体	N.D.	0.017	0.012	0.005	0.038
	2,2',3,4,4',5,5'-HpCB(#180)	0.009	0.008	0.008	0.005	0.004
	2,2',3,3',4,4',5-HpCB(#170)	N.D.	0.006	0.004	N.D.	N.D.
	Total シオルト体	0.009	0.014	0.012	0.005	0.004
Total コブナー-PCB		0.009	0.033	0.024	0.010	0.046
Total (PCDDs+PCDFs+コブナー-PCB)		0.047	0.049	0.034	0.031	0.067
毒性等量 (pg-TEQ/g)	Total PCDDs/Fs	0.0013	0.000001	0.000001	0.000051	0.000051
	Total Co-PCB	0	0.0000019	0.0000012	0.0000005	0.0000067
	Total PCDDs/Fs ・ Co-PCB	0.0013	0.0000029	0.0000022	0.000052	0.000058

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 24 難燃剤及び染料等のPCDDs/DFs・Co-PCB分析結果(ng/g)

物質名		B-3施設 難燃剤 (HBCD)
PCDDs	1,3,6,8-TeCDD	N.D.
	1,3,7,9-TeCDD	N.D.
	2,3,7,8-TeCDD	N.D.
	TeCDDs	N.D.
	1,2,3,7,8-PeCDD	N.D.
	1,2,3,4,7 + 1,2,4,6,9-PeCDD	N.D.
	PeCDDs	N.D.
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	N.D.
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.008
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	N.D.
	HxCDDs	0.017
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	N.D.
	1,2,3,4,6,7,9-HpCDD	N.D.
	HpCDDs	N.D.
	OCDD	N.D.
	Total PCDDs	0.017
PCDFs	1,2,7,8-TeCDF	N.D.
	2,3,7,8-TeCDF	N.D.
	TeCDFs	N.D.
	1,2,3,7,8 + 1,2,3,4,8-PeCDF	N.D.
	2,3,4,7,8-PeCDF	N.D.
	PeCDFs	N.D.
	1,2,3,4,7,8 + 1,2,3,4,7,9-HxCDF	N.D.
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	N.D.
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	N.D.
	2,3,4,6,7,8-HxCDF	N.D.
	HxCDFs	N.D.
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	N.D.
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	N.D.
	1,2,3,4,6,7,9-HpCDF	N.D.
	HpCDFs	N.D.
	OCDF	N.D.
	Total PCDFs	N.D.
Total (PCDDs+PCDFs)		0.017
Co-PCB	3,4,4',5-TeCB(#81)	N.D.
	3,3',4,4'-TeCB(#77)	N.D.
	3,3',4,4',5-PeCB(#126)	N.D.
	3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	N.D.
	Total ノンオルト体	N.D.
	2',3,4,4',5-PeCB(#123)	N.D.
	2,3',4,4',5-PeCB(#118)	0.006
	2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	N.D.
	2,3,4,4',5-PeCB(#114)	N.D.
	2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	N.D.
	2,3,3',4,4',5-HxCB(#156)	N.D.
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	N.D.
	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	N.D.
	Total モノオルト体	0.006
	2,2',3,4,4',5,5'-HpCB(#180)	0.009
	2,2',3,3',4,4',5-HpCB(#170)	0.007
	Total シオルト体	0.016
Total コプラナーPCB		0.022
Total (PCDDs+PCDFs+コプラナーPCB)		0.039
毒性等量 (pg-TEQ/g)	Total PCDDs/Fs	0.00080
	Total Co-PCB	0.0000006
	Total PCDDs/Fs ・ Co-PCB	0.00080

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 25 排水中のPBDEs分析結果(ng/L)

物質名	B-1施設	
	処理前総合排水	
	1回目	2回目
MoBDEs	N.D.	N.D.
4,4'-DiBDE (#15)	N.D.	N.D.
DiBDEs	0.046	0.0097
2,4,4'-TrBDE (#28)	N.D.	N.D.
TrBDEs	N.D.	N.D.
2,2',4,4'-TeBDE (#47)	0.10	0.076
TeBDEs	1.8	0.60
2,2',4,4',5-PeBDE (#99)	0.64	0.29
2,2',4,4',6-PeBDE (#100)	N.D.	N.D.
PeBDEs	2.5	0.80
2,2',4,4',5,5'-HxBDE (#153)	2.0	0.79
2,2',4,4',5,6'-HxBDE (#154)	0.33	0.22
HxBDEs	3.4	1.6
2,2',3,4,4',5',6-HpBDE (#183)	0.48	0.45
HpBDEs	3.5	1.5
OcBDEs	5.6	5.4
NoBDEs	24	87
DeBDE (#209)	840	2900
Total PBDEs	880	3000

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 26 排水中のPBDEs分析結果(ng/L)

物質名	B-1施設					
	処理後総合排水(No.1)			処理後総合排水(No.2)		
	1回目	2回目		1回目	2回目	
		懸濁態	溶存態		懸濁態	溶存態
MoBDEs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
4,4'-DiBDE (#15)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
DiBDEs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
2,4,4'-TrBDE (#28)	0.006	N.D.	0.003	0.015	N.D.	0.017
TrBDEs	0.006	N.D.	0.012	0.015	N.D.	0.017
2,2',4,4'-TeBDE (#47)	0.032	0.057	0.027	0.060	0.028	0.037
TeBDEs	0.16	0.13	0.060	0.11	0.18	0.084
2,2',4,4',5-PeBDE (#99)	0.065	0.086	0.044	0.31	0.12	0.22
2,2',4,4',6-PeBDE (#100)	N.D.	0.011	0.004	N.D.	N.D.	N.D.
PeBDEs	0.12	0.13	0.048	0.69	0.21	0.34
2,2',4,4',5,5'-HxBDE (#153)	0.19	0.11	0.08	0.41	0.26	0.35
2,2',4,4',5,6'-HxBDE (#154)	0.028	0.032	0.019	0.091	0.059	0.085
HxBDEs	0.33	0.20	0.13	0.67	0.46	0.64
2,2',3,4,4',5',6-HpBDE (#183)	0.033	0.029	0.013	0.077	0.060	0.033
HpBDEs	0.15	0.14	0.036	0.42	0.24	0.16
OcBDEs	0.41	0.42	0.069	1.2	0.59	0.30
NoBDEs	1.8	2.7	0.91	12	3.0	0.52
DeBDE (#209)	69	110	29	130	150	12
Total PBDEs	72	110	30	150	150	14

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 27 排水中のPBDEs分析結果(ng/L)

物質名	B-2施設					
	処理前総合排水		処理後総合排水			
	1回目	2回目	1回目		2回目	
			懸濁態	溶存態	懸濁態	溶存態
MoBDEs	0.060	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
4,4'-DiBDE (#15)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
DiBDEs	0.035	0.030	0.020	0.11	N.D.	0.039
2,4,4'-TrBDE (#28)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
TrBDEs	N.D.	N.D.	0.042	0.060	N.D.	0.019
2,2',4,4'-TeBDE (#47)	0.73	0.22	0.38	0.079	0.32	0.068
TeBDEs	0.73	0.80	0.38	0.11	0.32	0.094
2,2',4,4',5-PeBDE (#99)	0.54	0.35	0.33	0.059	0.33	0.063
2,2',4,4',6-PeBDE (#100)	0.058	N.D.	0.050	0.009	0.048	0.011
PeBDEs	0.65	0.99	0.38	0.13	0.41	0.075
2,2',4,4',5,5'-HxBDE (#153)	1.1	1.9	1.1	0.16	1.1	0.11
2,2',4,4',5,6'-HxBDE (#154)	0.20	0.37	0.25	0.043	0.21	0.046
HxBDEs	1.6	4.2	1.7	0.32	1.6	0.19
2,2',3,4,4',5',6-HpBDE (#183)	11	4.7	21	0.97	34	0.62
HpBDEs	13	7.8	25	1.3	41	0.97
OcBDEs	200	130	390	23	520	12
NoBDEs	18000	5500	280000	900	27000	840
DeBDE (#209)	820000	270000	7600000	30000	1100000	30000
Total PBDEs	830000	280000	7900000	31000	1100000	31000

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 28 排水中のPBDEs分析結果(ng/L)

物質名	B-3施設					
	処理前総合排水		処理後総合排水			
	1回目	2回目	1回目		2回目	
			懸濁態	溶存態	懸濁態	溶存態
MoBDEs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
4,4'-DiBDE (#15)	0.22	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
DiBDEs	0.22	0.007	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
2,4,4'-TrBDE (#28)	0.11	0.066	0.062	0.080	0.036	0.032
TrBDEs	0.11	0.066	0.091	0.080	0.036	0.032
2,2',4,4'-TeBDE (#47)	0.24	0.12	0.087	0.16	0.055	0.068
TeBDEs	0.71	0.50	0.26	0.32	0.18	0.14
2,2',4,4',5-PeBDE (#99)	0.27	0.26	0.064	0.10	0.040	0.056
2,2',4,4',6-PeBDE (#100)	0.041	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.010
PeBDEs	0.61	0.26	0.064	0.10	0.040	0.066
2,2',4,4',5,5'-HxBDE (#153)	0.72	1.7	0.23	0.30	0.50	0.17
2,2',4,4',5,6'-HxBDE (#154)	0.30	1.3	0.079	0.14	0.080	0.048
HxBDEs	1.8	7.5	0.49	0.80	0.81	0.36
2,2',3,4,4',5',6-HpBDE (#183)	1.1	5.9	0.47	0.62	0.34	0.59
HpBDEs	7.1	44	1.7	3.4	2.1	3.1
OcBDEs	26	56	9.9	12	11	11
NoBDEs	670	1100	510	19	530	20
DeBDE (#209)	42000	78000	29000	290	22000	230
Total PBDEs	42000	79000	29000	320	23000	270

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 29 試作染色試験のPBDEs分析結果(ng/L)

物質名	B-1施設			
	試作染色試験			
	染色廃液A	染色廃液B	難燃加工 後廃液A	難燃加工 後廃液B
MoBDEs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
4,4'-DiBDE (#15)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
DiBDEs	0.002	N.D.	0.007	N.D.
2,4,4'-TrBDE (#28)	0.005	N.D.	N.D.	0.035
TrBDEs	0.005	0.062	0.071	0.035
2,2',4,4'-TeBDE (#47)	0.014	0.008	0.025	0.024
TeBDEs	0.014	0.008	0.17	0.037
2,2',4,4',5-PeBDE (#99)	0.022	0.013	0.053	0.036
2,2',4,4',6-PeBDE (#100)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PeBDEs	0.034	0.013	0.053	0.079
2,2',4,4',5,5'-HxBDE (#153)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
2,2',4,4',5,6'-HxBDE (#154)	N.D.	N.D.	0.010	N.D.
HxBDEs	N.D.	N.D.	0.010	N.D.
2,2',3,4,4',5',6-HpBDE (#183)	0.009	0.005	0.007	0.008
HpBDEs	0.009	0.005	0.007	0.008
OcBDEs	N.D.	0.007	0.040	0.050
NoBDEs	0.23	0.25	1.7	1.7
DeBDE (#209)	6.0	7.4	110	100
Total PBDEs	6.3	7.8	110	100

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 30 難燃剤及び染料等のPBDEs分析結果(ng/g)

物質名	B-1施設			
	難燃剤 (HBCD)	染料A	染料B	染料C
MoBDEs	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
4,4'-DiBDE (#15)	0.054	N.D.	N.D.	N.D.
DiBDEs	0.054	N.D.	N.D.	1.2
2,4,4'-TrBDE (#28)	N.D.	0.95	N.D.	0.30
TrBDEs	N.D.	0.95	N.D.	0.30
2,2',4,4'-TeBDE (#47)	0.24	0.49	0.31	0.33
TeBDEs	0.24	0.49	0.31	0.33
2,2',4,4',5-PeBDE (#99)	0.47	0.17	N.D.	N.D.
2,2',4,4',6-PeBDE (#100)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PeBDEs	0.47	0.50	9.0	4.1
2,2',4,4',5,5'-HxBDE (#153)	0.6	N.D.	N.D.	N.D.
2,2',4,4',5,6'-HxBDE (#154)	0.15	0.15	0.17	0.07
HxBDEs	0.72	0.57	4.4	1.6
2,2',3,4,4',5',6-HpBDE (#183)	1.8	0.47	N.D.	N.D.
HpBDEs	2.0	1.6	8.0	3.3
OcBDEs	3.6	1.8	22	11
NoBDEs	120	2.5	60	17
DeBDE (#209)	5200	8.2	30	10
Total PBDEs	5300	17	130	49

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表 31 難燃剤及び染料等のPBDEs分析結果(ng/g)

物質名	B-2施設				
	難燃剤 (HBCD)	難燃剤 (DeBDE)	難燃剤(DeBDE)+アルカリ増粘剤		
			攪拌時間 1/2倍	攪拌時間 等倍	攪拌時間 5倍
MoBDEs	N.D.	11	4.7	5.0	2.1
4,4'-DiBDE (#15)	0.034	16	5.5	5.6	4.0
DiBDEs	0.034	17	5.9	6.1	4.3
2,4,4'-TrBDE (#28)	N.D.	1.0	0.34	0.41	0.28
TrBDEs	0.10	1.1	0.37	0.57	0.33
2,2',4,4'-TeBDE (#47)	0.21	400	140	140	100
TeBDEs	0.21	400	140	140	100
2,2',4,4',5-PeBDE (#99)	0.25	250	86	85	64
2,2',4,4',6-PeBDE (#100)	0.05	37	14	14	10
PeBDEs	0.30	290	100	100	77
2,2',4,4',5,5'-HxBDE (#153)	N.D.	280	100	100	76
2,2',4,4',5,6'-HxBDE (#154)	N.D.	41	16	16	11
HxBDEs	0.26	350	130	130	92
2,2',3,4,4',5',6-HpBDE (#183)	0.03	2300	1100	1200	1100
HpBDEs	0.03	2600	1300	1200	1100
OcBDEs	N.D.	40000	26000	26000	26000
NoBDEs	0.15	7600000	3100000	2900000	2900000
DeBDE (#209)	9.1	350000000	150000000	160000000	180000000
Total PBDEs	10	360000000	160000000	160000000	180000000

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表32 難燃剤及び染料等のPBDEs分析結果(ng/g)

物質名	B-3施設
	難燃剤 (HBCD)
MoBDEs	N.D.
4,4'-DiBDE (#15)	0.052
DiBDEs	0.052
2,4,4'-TrBDE (#28)	N.D.
TrBDEs	N.D.
2,2',4,4'-TeBDE (#47)	0.090
TeBDEs	0.090
2,2',4,4',5-PeBDE (#99)	0.17
2,2',4,4',6-PeBDE (#100)	N.D.
PeBDEs	0.17
2,2',4,4',5,5'-HxBDE (#153)	N.D.
2,2',4,4',5,6'-HxBDE (#154)	N.D.
HxBDEs	N.D.
2,2',3,4,4',5',6-HpBDE (#183)	0.030
HpBDEs	0.030
OcBDEs	N.D.
NoBDEs	0.38
DeBDE (#209)	12
Total PBDEs	13

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表33 排水中のCBzs、BBzs、CPhs、BPhs分析結果(μg/L)

物質名	B-1施設 処理前 総合排 水-1	B-1施設 処理前 総合排 水-2	B-1施設 処理後 総合排 水(No.1) -1	B-1施設 処理後 総合排 水(No.2) -1	B-1施設 処理後 総合排 水(No.1) -2 未ろ 過試料	B-1施設 処理後 総合排 水(No.1) -2 未ろ 過試料	B-1施設 処理後 総合排 水(No.2) -2 未ろ 過試料	B-1施設 処理後 総合排 水(No.2) -2 未ろ 過試料
CBz	0.04	0.05	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,3-DiCBz	0.02	0.04	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,4-DiCBz	0.07	0.09	N.D.	0.02	N.D.	0.01	0.02	0.03
1,2-DiCBz	0.28	0.32	N.D.	0.03	N.D.	N.D.	0.04	0.04
1,3,5-TrCBz	0.050	0.060	0.020	0.020	0.010	0.010	0.010	0.030
1,2,4-TrCBz	0.96	1.3	N.D.	0.14	N.D.	N.D.	0.14	0.11
1,2,3-TrCBz	0.03	0.04	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,3,5-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,4,5-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,3,4-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
HxCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,2,3,4-TeCBz	N.D.	N.D.	0.011	N.D.	N.D.	0.007	N.D.	N.D.
※1,2,3,5-TeCBz	N.D.	N.D.	0.05	0.05	N.D.	0.019	N.D.	0.041
※1,2,4,5-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.020	N.D.	0.042
※PeCBz	0.12	0.017	N.D.	0.037	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※HxCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
BBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,3-DiBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,4-DiBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2-DiBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,3,5-TrBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,4-TrBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,4,5-TeBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,3,5-TeBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,2,4-TrBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,3,5-TrBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,2,3,5-TeBBz	N.D.	0.010	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,2,4,5-TeBBz	N.D.	0.010	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※HxBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2-CPh	N.D.	2400	0.48	0.40	N.D.	0.026	N.D.	0.54
※m-CPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0027	0.0061	0.0024	0.0018
※p-CPh	0.27	2100	0.84	0.29	N.D.	0.12	N.D.	0.014
※2,3-DiCPh	0.33	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4-DiCPh	1.0	9600	0.17	0.082	0.005	0.11	0.015	2.5
※2,5、2,6-DiCPh	1.6	1.5	0.10	1.8	N.D.	0.044	N.D.	1.7
※2,3,5-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.011
※2,3,6-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4,5-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	0.12	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4,6-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	0.22	N.D.	N.D.	N.D.	0.24
※3,4,5-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,3,4,5-TeCPh	0.052	0.074	0.015	0.036	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,3,4,6-TeCPh	1.0	0.87	N.D.	0.33	0.004	N.D.	0.004	0.26
※2,3,5,6-TeCPh	0.062	0.021	0.006	0.005	N.D.	N.D.	N.D.	0.008
※PeCPh	N.D.	2.0	N.D.	0.90	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※m-BPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4-DiBPh	0.020	0.022	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,6-DiBPh	2.4	3.8	0.51	N.D.	N.D.	0.23	N.D.	0.41
※2,3,4-TrBPh	N.D.	2.2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4,5-TrBPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4,6-TrBPh	0.20	0.31	N.D.	0.16	N.D.	N.D.	N.D.	0.13

注) 物質の※は、誘導体化GC/MS法、その他はヘッドスペース法

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表34 排水中のCBzs、BBzs、CPhs、BPhs分析結果(μg/L)

物質名	B-2施設 処理前 総合排 水-1	B-2施設 処理前 総合排 水-2	B-2施設 処理後 総合排 水-1 未 ろ過試 料	B-2施設 処理後 総合排 水-1 ろ 過試料	B-2施設 処理後 総合排 水-2 未 ろ過試 料	B-2施設 処理後 総合排 水-2 ろ 過試料
CBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,3-DiCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,4-DiCBz	0.02	N.D.	0.02	0.02	N.D.	0.01
1,2-DiCBz	0.12	0.38	0.09	0.07	0.11	0.09
1,3,5-TrCBz	0.15	0.11	0.12	0.080	0.13	0.11
1,2,4-TrCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,3-TrCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,3,5-TeCBz	0.08	0.06	0.08	0.07	0.10	0.08
1,2,4,5-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,3,4-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
HxCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,2,3,4-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,2,3,5-TeCBz	1.2	0.73	N.D.	0.86	0.026	0.84
※1,2,4,5-TeCBz	1.2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.87
※PeCBz	0.11	0.072	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※HxCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
BBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,3-DiBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,4-DiBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2-DiBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,3,5-TrBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,4-TrBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,4,5-TeBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,3,5-TeBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,2,4-TrBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,3,5-TrBBz	0.01	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,2,3,5-TeBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,2,4,5-TeBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※HxBBz	0.078	N.D.	0.042	0.076	0.044	N.D.
※2-CPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0025	N.D.
※m-CPh	N.D.	N.D.	0.0027	N.D.	0.0030	0.021
※p-CPh	0.16	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,3-DiCPh	N.D.	0.024	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4-DiCPh	0.048	0.030	0.0046	0.026	N.D.	0.018
※2,5、2,6-DiCPh	0.38	0.040	N.D.	0.024	N.D.	0.024
※2,3,5-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.041
※2,3,6-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.010
※2,4,5-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4,6-TrCPh	0.19	N.D.	N.D.	0.30	N.D.	0.33
※3,4,5-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,3,4,5-TeCPh	0.11	0.093	N.D.	0.044	N.D.	0.074
※2,3,4,6-TeCPh	2.1	1.7	0.006	2.4	0.008	3.0
※2,3,5,6-TeCPh	0.057	0.020	N.D.	0.037	N.D.	0.033
※PeCPh	1.7	1.2	N.D.	1.9	N.D.	1.8
※m-BPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4-DiBPh	0.033	0.029	N.D.	0.044	N.D.	0.037
※2,6-DiBPh	0.20	0.073	N.D.	0.047	N.D.	0.10
※2,3,4-TrBPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4,5-TrBPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4,6-TrBPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

注) 物質の※は、誘導体化GC/MS法、その他はヘッドスペース法

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表35 排水中のCBzs、BBzs、CPhs、BPhs分析結果(μg/L)

物質名	B-3施設 処理前 総合排 水-1	B-3施設 処理前 総合排 水-2	B-3施設 処理後 総合排 水-1 未 ろ過試料	B-3施設 処理後 総合排 水-1 ろ 過試料	B-3施設 処理後 総合排 水-2 未 ろ過試料	B-3施設 処理後 総合排 水-2 ろ 過試料
CBz	0.09	0.09	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,3-DiCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,4-DiCBz	0.09	0.08	0.03	0.03	0.03	0.04
1,2-DiCBz	0.07	0.06	0.01	0.01	0.01	N.D.
1,3,5-TrCBz	0.040	0.030	0.030	0.030	0.030	0.020
1,2,4-TrCBz	0.06	0.13	0.03	0.03	0.03	0.03
1,2,3-TrCBz	N.D.	0.03	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,3,5-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,4,5-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,3,4-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
HxCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,2,3,4-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,2,3,5-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	0.043	N.D.	0.042
※1,2,4,5-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	0.044	N.D.	0.043
※PeCBz	0.31	0.18	N.D.	0.081	N.D.	0.070
※HxCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
BBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,3-DiBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,4-DiBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2-DiBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,3,5-TrBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,4-TrBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,4,5-TeBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,3,5-TeBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,2,4-TrBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,3,5-TrBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.011
※1,2,3,5-TeBBz	N.D.	N.D.	N.D.	0.10	N.D.	0.12
※1,2,4,5-TeBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※HxBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2-CPh	5.7	3.2	N.D.	0.90	0.005	1.1
※m-CPh	N.D.	N.D.	0.0024	0.0018	0.0028	N.D.
※p-CPh	1.6	0.35	N.D.	N.D.	0.0022	0.014
※2,3-DiCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4-DiCPh	0.66	1100	N.D.	0.088	0.022	0.086
※2,5、2,6-DiCPh	0.41	0.40	N.D.	0.082	N.D.	0.13
※2,3,5-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,3,6-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4,5-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4,6-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.014
※3,4,5-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,3,4,5-TeCPh	0.024	0.054	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,3,4,6-TeCPh	0.11	0.21	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,3,5,6-TeCPh	0.011	0.013	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※PeCPh	0.18	N.D.	N.D.	0.012	N.D.	N.D.
※m-BPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4-DiBPh	0.20	0.22	N.D.	0.046	N.D.	0.029
※2,6-DiBPh	3.9	5.1	N.D.	0.046	0.009	0.043
※2,3,4-TrBPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4,5-TrBPh	0.018	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4,6-TrBPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

注) 物質の※は、誘導体化GC/MS法、その他はヘッドスペース法

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表36 試作染色試験のCBzs、BBzs、CPhs、BPhs分析結果(μg/L)

物質名	染色後 廃液(A)	染色後 廃液(B)	難燃加 工後廃 液(A)	難燃加 工後廃 液(B)
CBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,3-DiCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,4-DiCBz	0.02	0.06	0.06	N.D.
1,2-DiCBz	N.D.	N.D.	0.02	N.D.
1,3,5-TrCBz	0.070	0.050	0.050	0.080
1,2,4-TrCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,3-TrCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,3,5-TeCBz	0.08	N.D.	N.D.	0.08
1,2,4,5-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,3,4-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
HxCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,2,3,4-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,2,3,5-TeCBz	0.74	N.D.	N.D.	N.D.
※1,2,4,5-TeCBz	0.01	0.24	0.52	0.90
※PeCBz	0.043	0.13	N.D.	N.D.
※HxCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
BBz	N.D.	N.D.	0.08	N.D.
1,3-DiBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,4-DiBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2-DiBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,3,5-TrBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,4-TrBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,4,5-TeBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,3,5-TeBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,2,4-TrBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,3,5-TrBBz	0.02	0.05	0.10	0.04
※1,2,3,5-TeBBz	N.D.	0.14	0.32	0.58
※1,2,4,5-TeBBz	0.15	N.D.	N.D.	N.D.
※HxBBz	N.D.	N.D.	N.D.	0.032
※2-CPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※m-CPh	0.012	0.029	0.032	0.014
※p-CPh	0.038	0.015	N.D.	N.D.
※2,3-DiCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4-DiCPh	0.093	0.039	0.037	0.023
※2,5、2,6-DiCPh	0.094	0.14	0.14	0.12
※2,3,5-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,3,6-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4,5-TrCPh	0.23	0.56	0.62	0.49
※2,4,6-TrCPh	0.20	0.17	0.21	0.34
※3,4,5-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,3,4,5-TeCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,3,4,6-TeCPh	0.18	0.057	0.046	0.28
※2,3,5,6-TeCPh	0.016	N.D.	0.006	0.009
※PeCPh	0.17	0.054	N.D.	0.19
※m-BPh	N.D.	1.0	0.99	0.34
※2,4-DiBPh	N.D.	N.D.	0.66	0.13
※2,6-DiBPh	10	65	83	21
※2,3,4-TrBPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4,5-TrBPh	0.13	0.10	1.1	0.50
※2,4,6-TrBPh	N.D.	0.51	2.3	0.46

注) 物質の※は、誘導体化GC/MS法、その他はヘッドスペース法
 注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表37 難燃剤中のCBzs、BBzs、CPhs、BPhs分析結果(μg/kg)

物質名	B-2施設 HBCD	B-2施設 DeBDE	B-2施設 DeBDE 増粘 攪拌 1/2倍	B-2施設 DeBDE 増粘 攪拌 等倍	B-2施設 DeBDE 増粘 攪拌 2倍
CBz	1	3	2	2	2
1,3-DiCBz(m-)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,4-DiCBz(p-)	N.D.	1.0	N.D.	N.D.	N.D.
1,2-DiCBz(o-)	N.D.	1.6	N.D.	N.D.	N.D.
1,3,5-TrCBz	N.D.	0.8	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,4-TrCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,3-TrCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,3,5-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,4,5-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,3,4-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
HxCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,2,3,4-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,2,3,5-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,2,4,5-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※PeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※HxCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
BBz	11	2	N.D.	N.D.	N.D.
1,3-DiBBz(m-)	N.D.	6	N.D.	N.D.	N.D.
1,4-DiBBz(p-)	N.D.	8	N.D.	N.D.	N.D.
1,2-DiBBz(o-)	N.D.	4	N.D.	N.D.	N.D.
1,3,5-TrBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,4-TrBBz	N.D.	13	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,4,5-TeBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,3,5-TeBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,2,3,5-TeBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,2,4,5-TeBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※HxBBz	N.D.	1,700	860	860	870
※2-CPh	N.D.	1,500	N.D.	N.D.	5
※m-CPh	N.D.	N.D.	2	N.D.	3
※p-CPh	13	260	5	6	66
※2,3-DiCPh	N.D.	N.D.	N.D.	4	N.D.
※2,4-DiCPh	9	570	3	N.D.	17
※2,5、2,6-DiCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,3,5-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,3,6-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4,5-TrCPh	420	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4,6-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※3,4,5-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,3,4,5-TeCPh	N.D.	93	38	30	36
※2,3,4,6-TeCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,3,5,6-TeCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※PeCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※m-BPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4-DiBPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,6-DiBPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,3,4-TrBPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4,5-TrBPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4,6-TrBPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

注) 物質の※は、誘導体化GC/MS法、その他はヘッドスペース法

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表38 難燃剤及び染料等のCBzs、BBzs分析結果(μg/kg)(ヘッドスペース法)

物質名	B-1施設 HBCD	B-1施設 染 料(黒)	B-1施設 染 料(オレンジ 61①)	B-1施設 染 料(オレンジ 61②)
CBz	2	2	1	4
1,3-DiCBz(m-)	N.D.	2	4	3
1,4-DiCBz(p-)	1.0	46	10	18
1,2-DiCBz(o-)	1.1	5.6	510	5.6
1,3,5-TrCBz	2.7	180	500	330
1,2,4-TrCBz	4.0	8.2	110	9.3
1,2,3-TrCBz	5	3	10	N.D.
1,2,3,5-TeCBz	N.D.	270	1500	700
1,2,4,5-TeCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,3,4-TeCBz	N.D.	7	8	8
PeCBz	N.D.	14	230	6
HxCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※1,2,3,4-TeCBz	N.D.	7	N.D.	N.D.
※1,2,3,5-TeCBz	N.D.	400	2,500	210
※1,2,4,5-TeCBz	N.D.	410	2,600	220
※PeCBz	N.D.	30	400	N.D.
※HxCBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
BBz	65	N.D.	N.D.	N.D.
1,3-DiBBz(m-)	7	77	77	44
1,4-DiBBz(p-)	7	15	N.D.	28
1,2-DiBBz(o-)	N.D.	N.D.	N.D.	10
1,3,5-TrBBz	N.D.	210	470	740
1,2,4-TrBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,4,5-TeBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1,2,3,5-TeBBz	N.D.	63	810	310
※1,2,3,5-TeBBz	N.D.	700	12,000	620
※1,2,4,5-TeBBz	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※HxBBz	N.D.	11	36	N.D.
※2-CPh	2	4	2	3
※m-CPh	3	3	3	2
※p-CPh	6	6	8	10
※2,3-DiCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4-DiCPh	4	3	4	8
※2,5、2,6-DiCPh	N.D.	7	12	N.D.
※2,3,5-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,3,6-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4,5-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4,6-TrCPh	N.D.	N.D.	210	N.D.
※3,4,5-TrCPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,3,4,5-TeCPh	N.D.	10	45	13
※2,3,4,6-TeCPh	N.D.	6	320	4
※2,3,5,6-TeCPh	N.D.	N.D.	290	N.D.
※PeCPh	N.D.	N.D.	150	N.D.
※m-BPh	N.D.	24	43	N.D.
※2,4-DiBPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,6-DiBPh	N.D.	3500	300000	29000
※2,3,4-TrBPh	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
※2,4,5-TrBPh	N.D.	N.D.	620	N.D.
※2,4,6-TrBPh	12	87	190	N.D.

注) 物質の※は、誘導体化GC/MS法、その他はヘッドスペース法

注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

表39 難燃剤及び染料等のCBzs、BBzs、CPhs、BPhs分析結果(μg/kg)

物質名	B-3施設 HBCD
CBz	1
1,3-DiCBz(m-)	N.D.
1,4-DiCBz(p-)	N.D.
1,2-DiCBz(o-)	N.D.
1,3,5-TrCBz	N.D.
1,2,4-TrCBz	N.D.
1,2,3-TrCBz	N.D.
1,2,3,5-TeCBz	N.D.
1,2,4,5-TeCBz	N.D.
1,2,3,4-TeCBz	N.D.
PeCBz	N.D.
HxCBz	N.D.
※1,2,3,4-TeCBz	N.D.
※1,2,3,5-TeCBz	N.D.
※1,2,4,5-TeCBz	N.D.
※PeCBz	N.D.
※HxCBz	N.D.
BBz	19
1,3-DiBBz(m-)	N.D.
1,4-DiBBz(p-)	N.D.
1,2-DiBBz(o-)	N.D.
1,3,5-TrBBz	N.D.
1,2,4-TrBBz	N.D.
1,2,4,5-TeBBz	N.D.
1,2,3,5-TeBBz	N.D.
※1,2,3,5-TeBBz	N.D.
※1,2,4,5-TeBBz	N.D.
※HxBBz	N.D.
※2-CPh	N.D.
※m-CPh	N.D.
※p-CPh	7
※2,3-DiCPh	N.D.
※2,4-DiCPh	10
※2,5、2,6-DiCPh	N.D.
※2,3,5-TrCPh	N.D.
※2,3,6-TrCPh	N.D.
※2,4,5-TrCPh	510
※2,4,6-TrCPh	N.D.
※3,4,5-TrCPh	N.D.
※2,3,4,5-TeCPh	N.D.
※2,3,4,6-TeCPh	N.D.
※2,3,5,6-TeCPh	N.D.
※PeCPh	N.D.
※m-BPh	N.D.
※2,4-DiBPh	N.D.
※2,6-DiBPh	N.D.
※2,3,4-TrBPh	N.D.
※2,4,5-TrBPh	N.D.
※2,4,6-TrBPh	N.D.

注) 物質の※は、誘導体化GC/MS法、その他はヘッドスペース法
 注) 表中の「N.D.」は、検出下限未満であることを示す。

別図-1 媒体別同族体組成

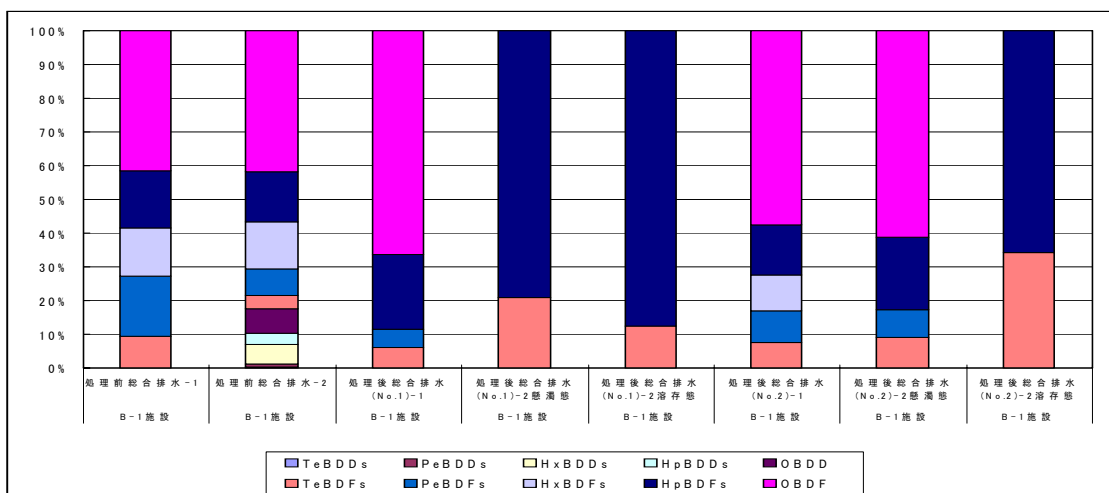


図1 B-1 施設 PBDDs/DFs 同族体組成

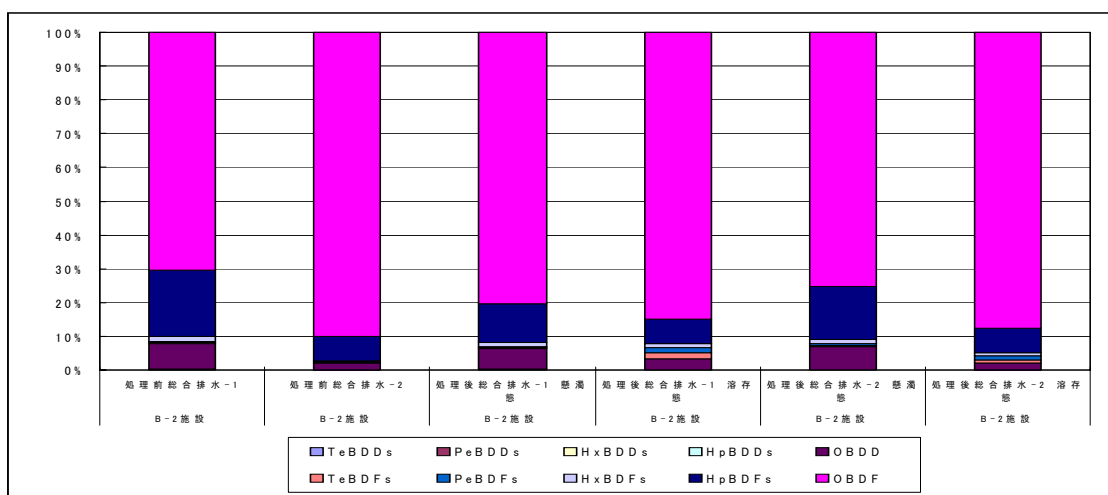


図2 B-2 施設 PBDDs/DFs 同族体組成

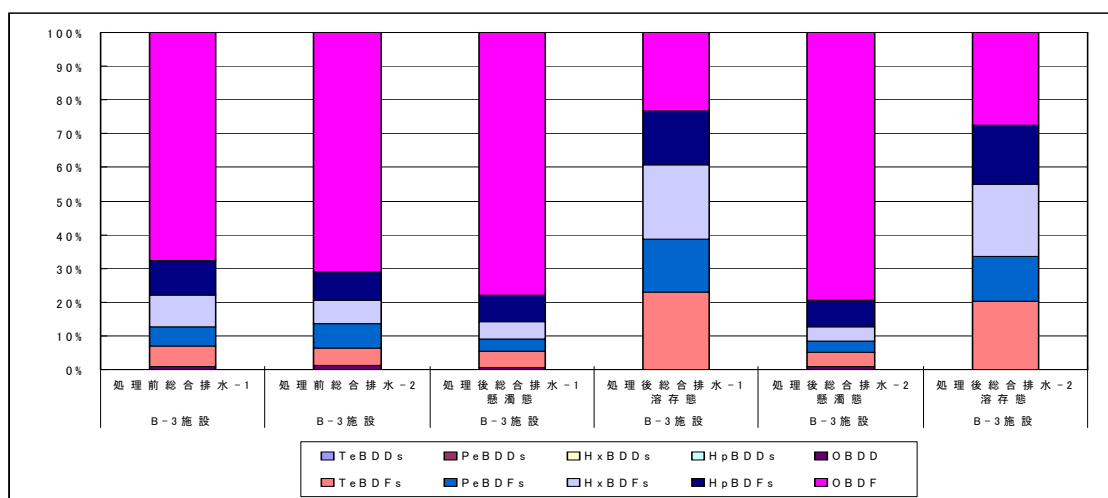


図3 B-3 施設 PBDDs/DFs 同族体組成

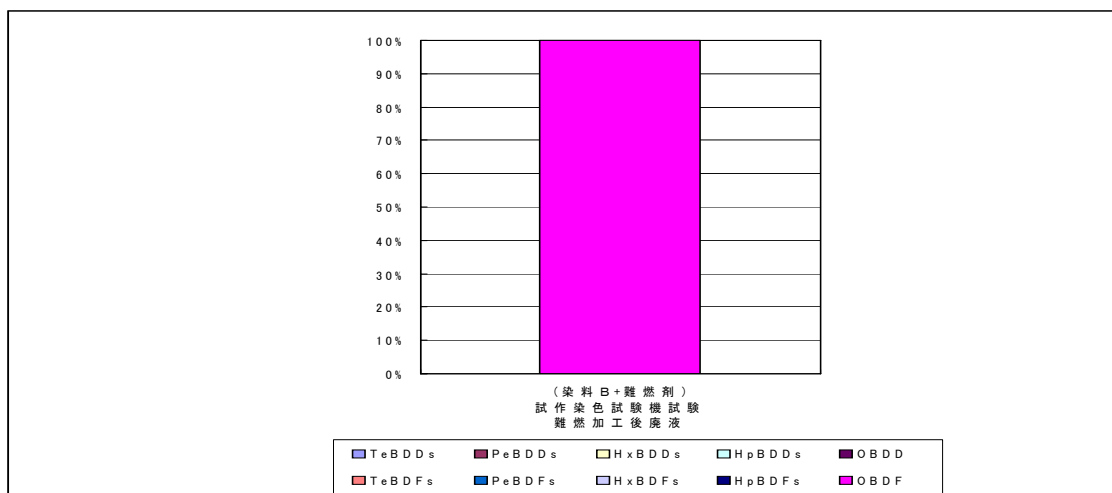


図4 試作染色試験機試験 PBDDs/DFs 同族体組成

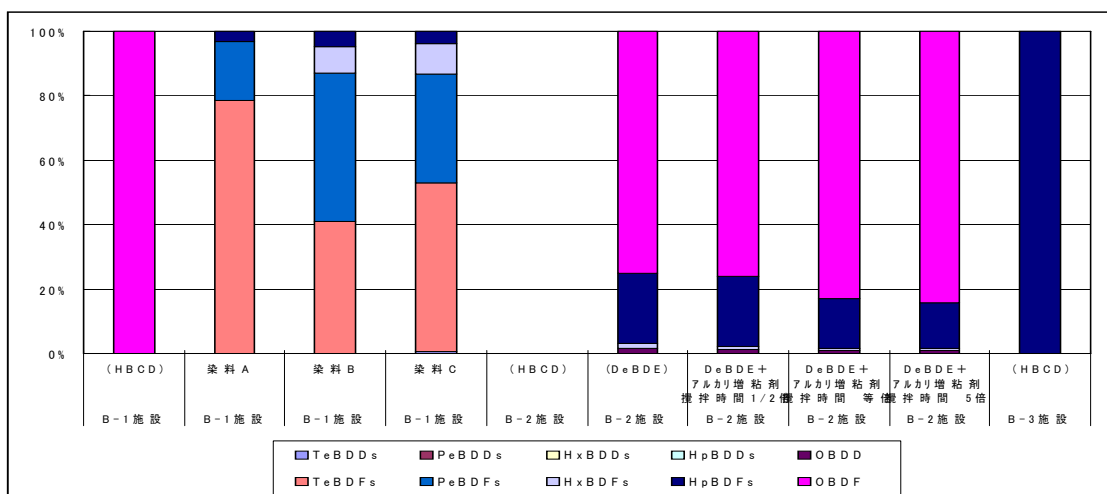


図5 染料・難燃剤のPBDDs/DFs 同族体組成

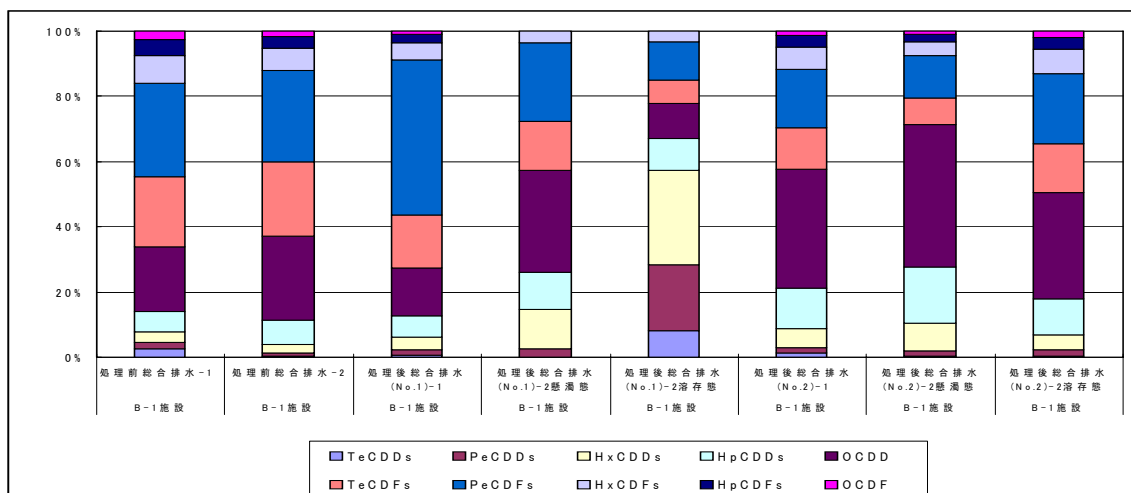


図6 B-1施設 PCDDs/DFs 同族体組成

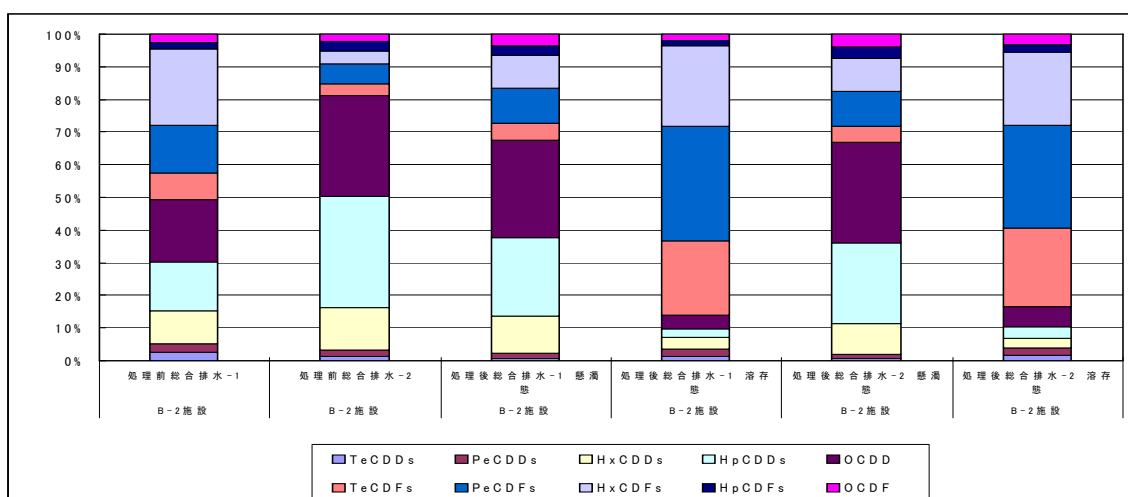


図7 B-2施設 PCDDs/DFs 同族体組成

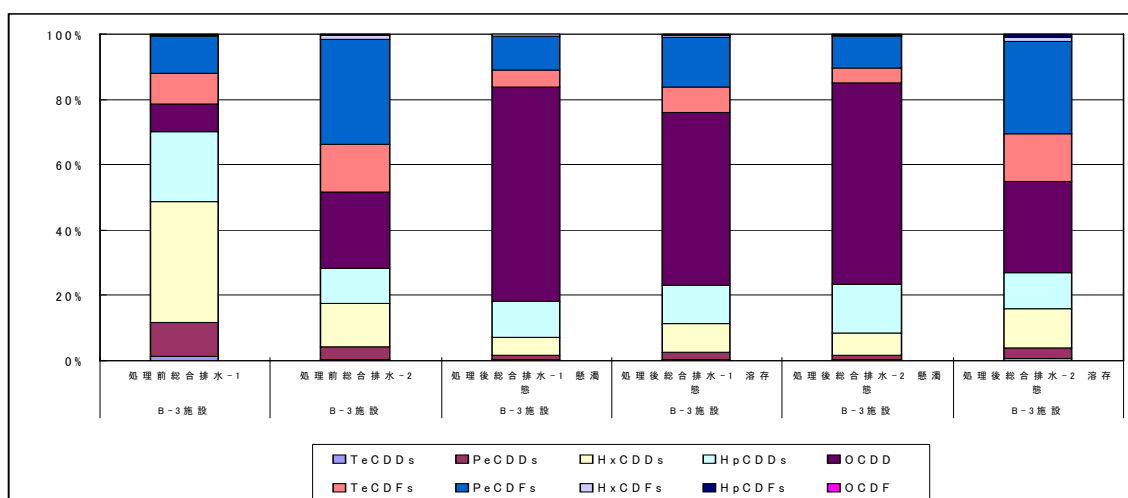


図8 B-3施設 PCDDs/DFs 同族体組成

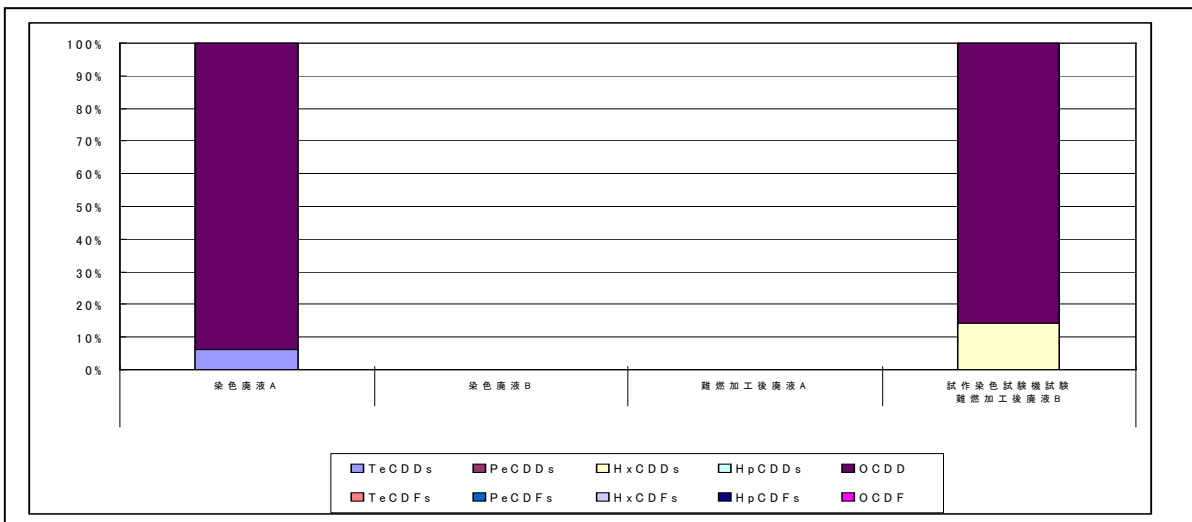


図9 試作染色試験機試験 PCDDs/DFs 同族体組成

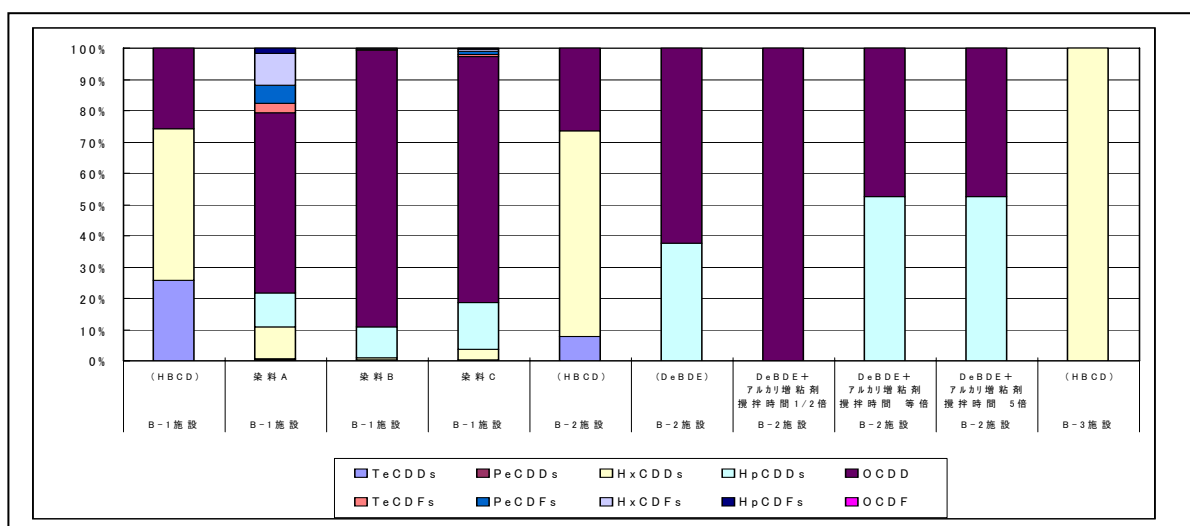


図10 染料・難燃剤の PCDDs/DFs 同族体組成

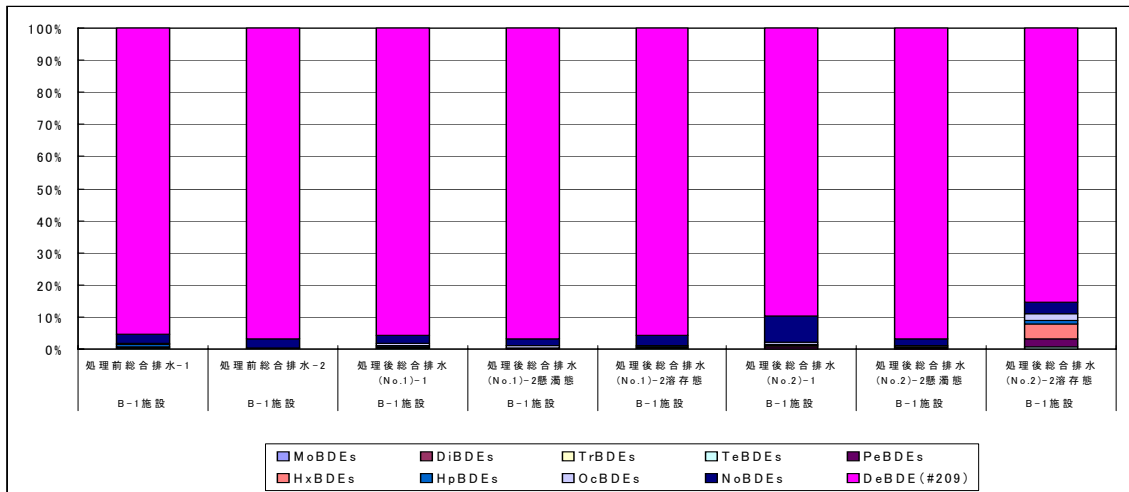


図 11 B-1 施設 PBDEs 同族体組成

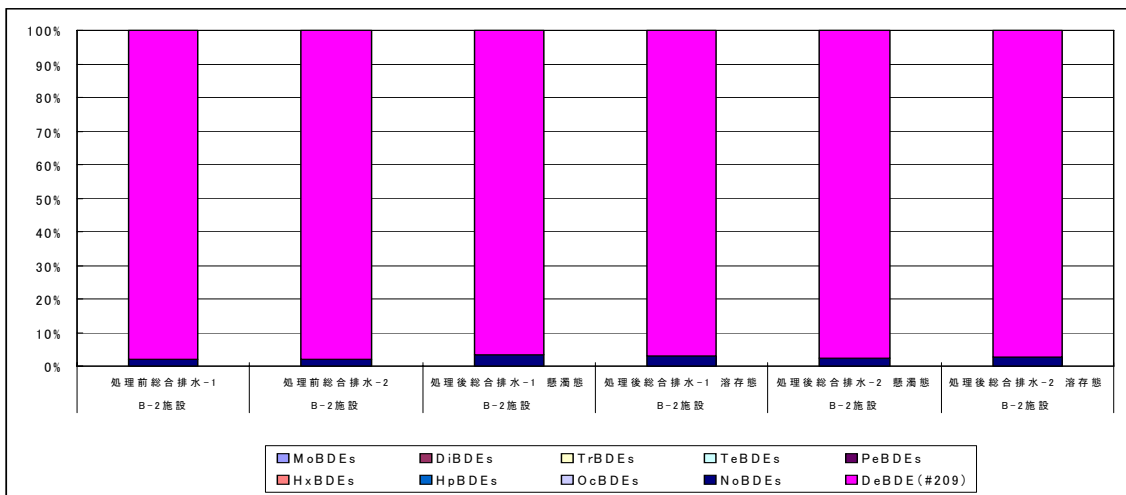


図 12 B-2 施設 PBDEs 同族体組成

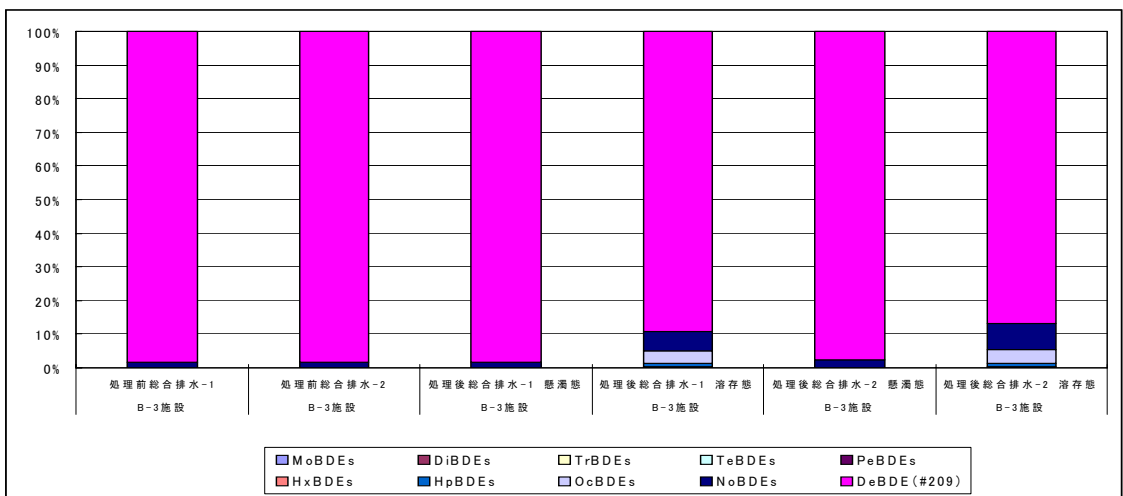


図 13 B-3 施設 PBDEs 同族体組成

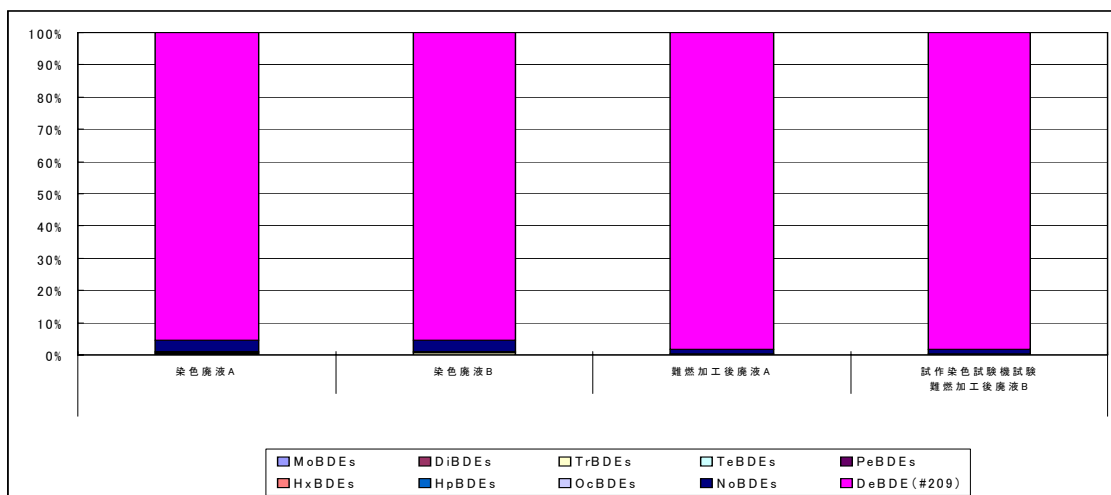


図 14 試作染色試験機試験のPBDEs 同族体組成

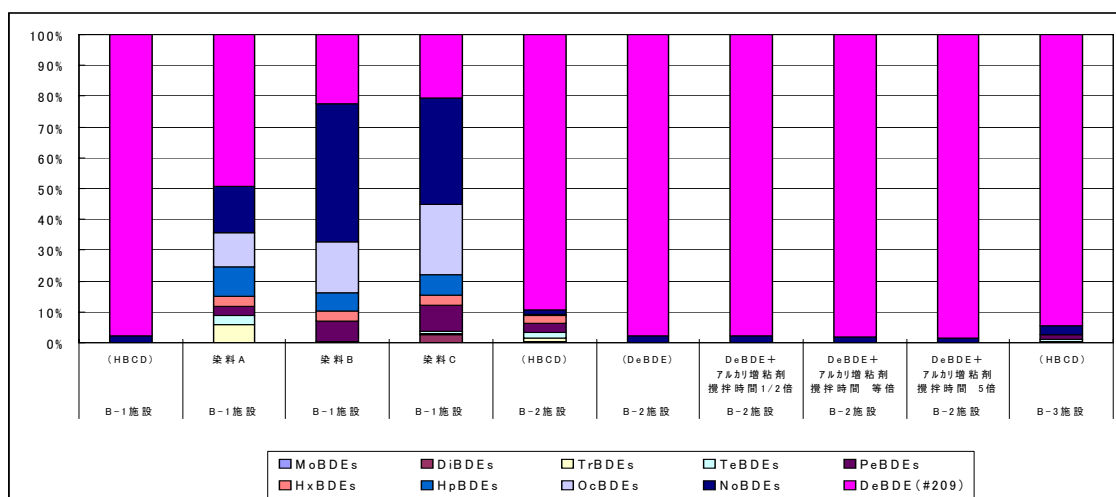


図 15 染料・難燃剤のPBDEs 同族体組成

別図-2 媒体別異性体組成

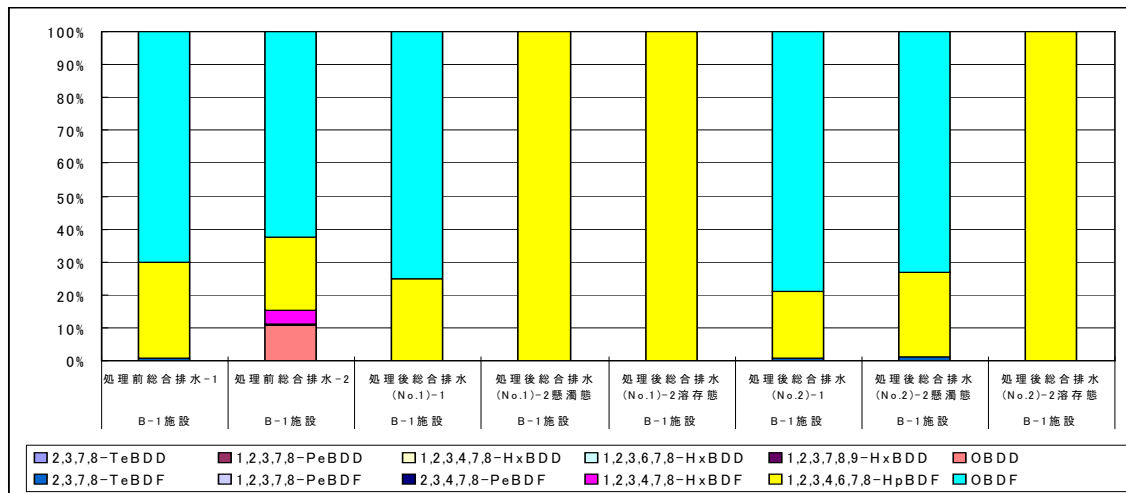


図1 B-1施設 PBDDs/DFs 異性体組成

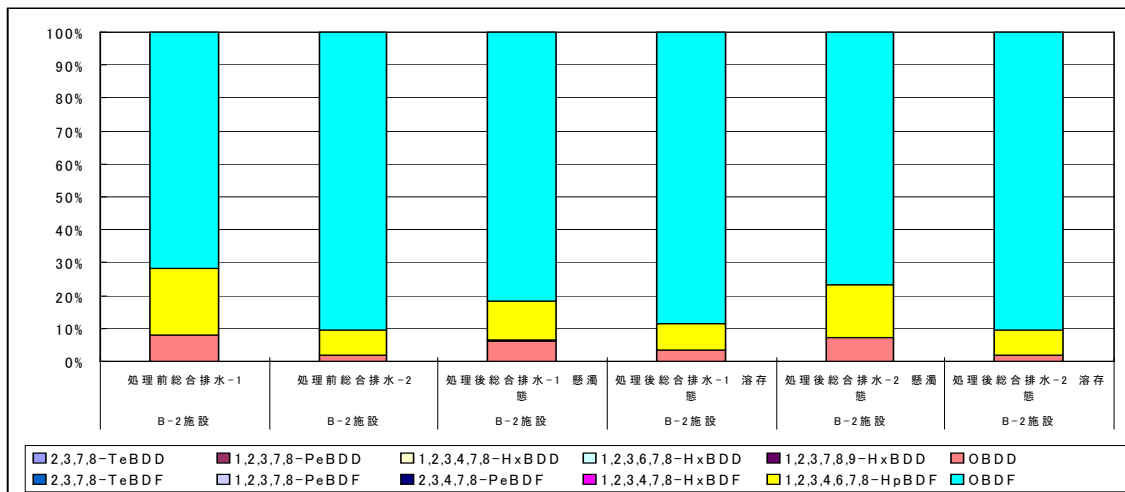


図2 B-2施設 PBDDs/DFs 異性体組成

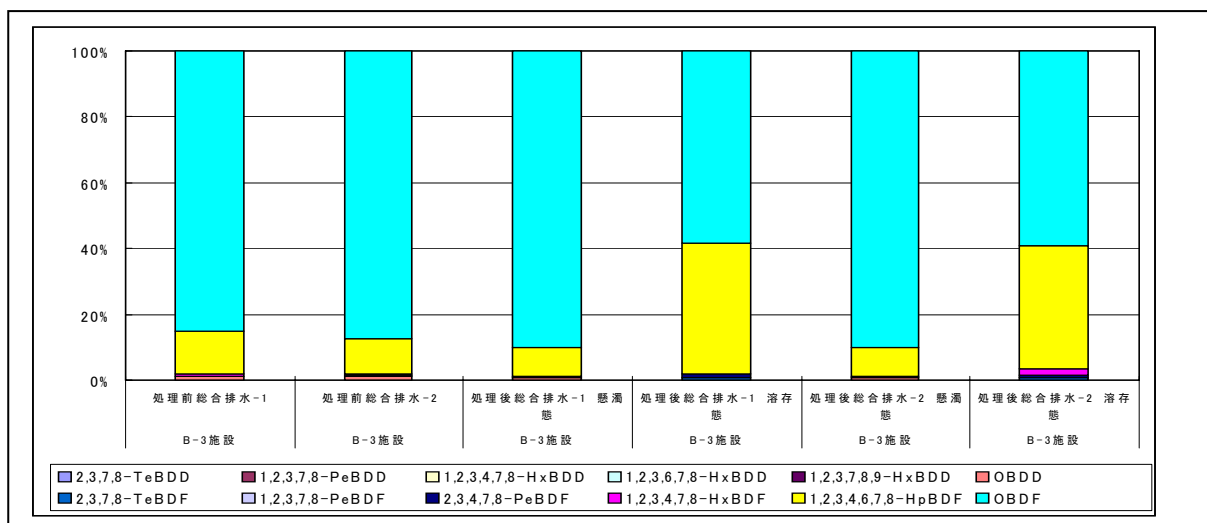


図3 B-3施設 PBDDs/DFs 異性体組成

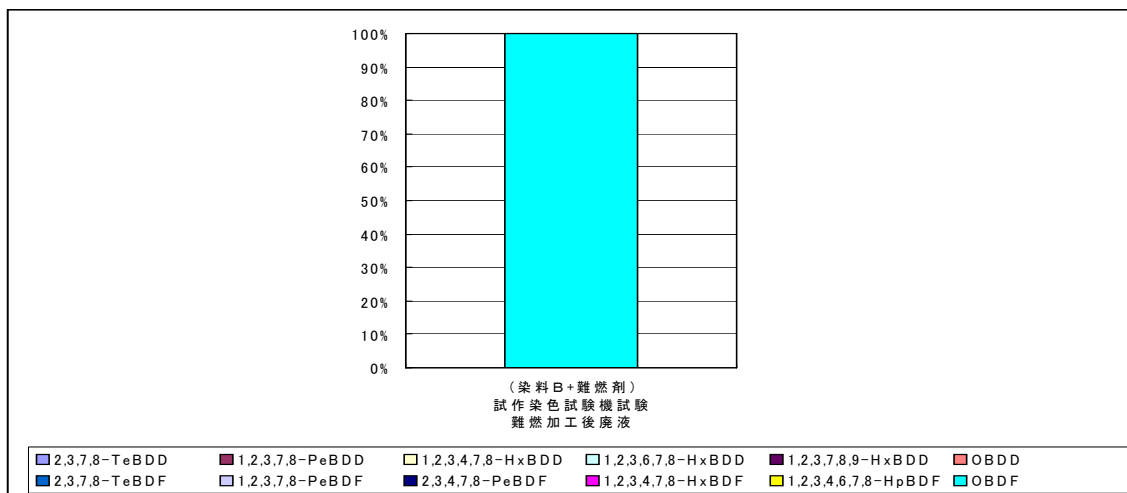


図4 試作染色試験機試験 PBDDs/DFs 異性体組成

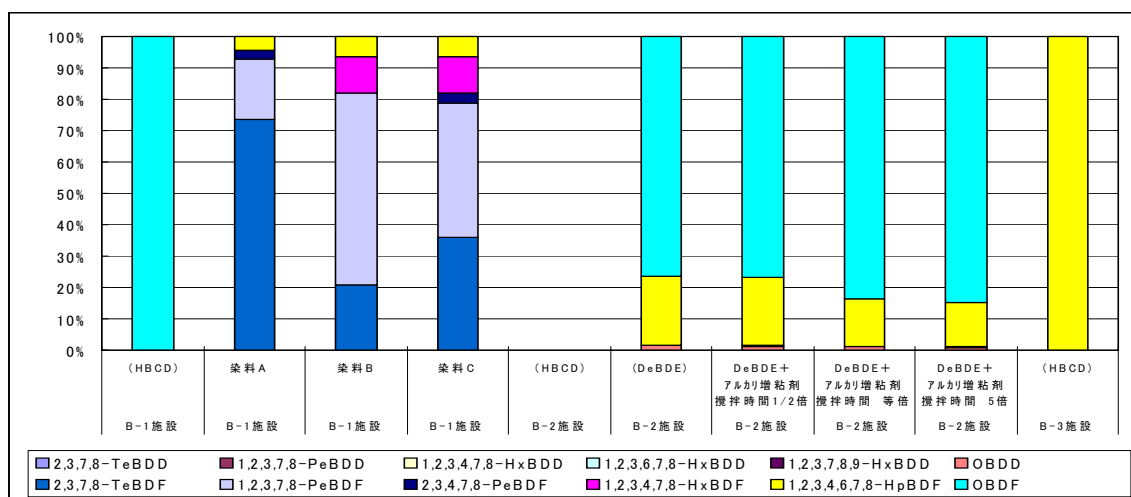


図5 染料・難燃剤のPBDDs/DFs 異性体組成

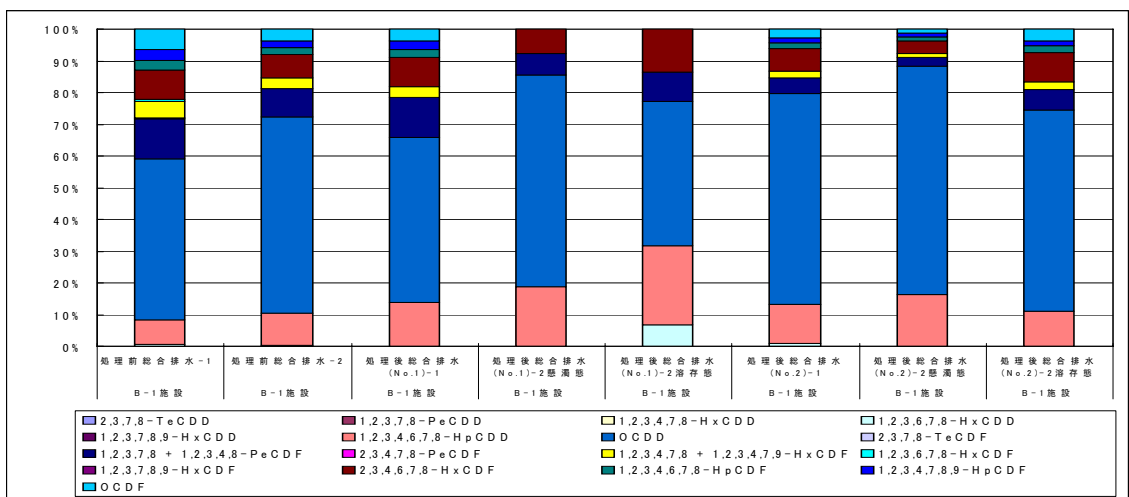


図6 B-1施設 PCDDs/DFs 異性体組成

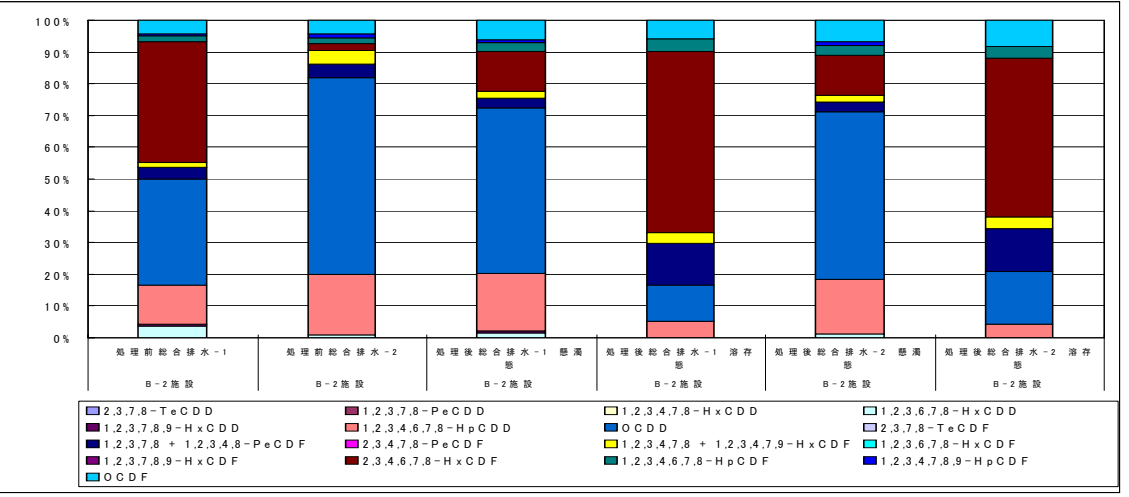


図7 B-2施設 PCDDs/DFs 異性体組成

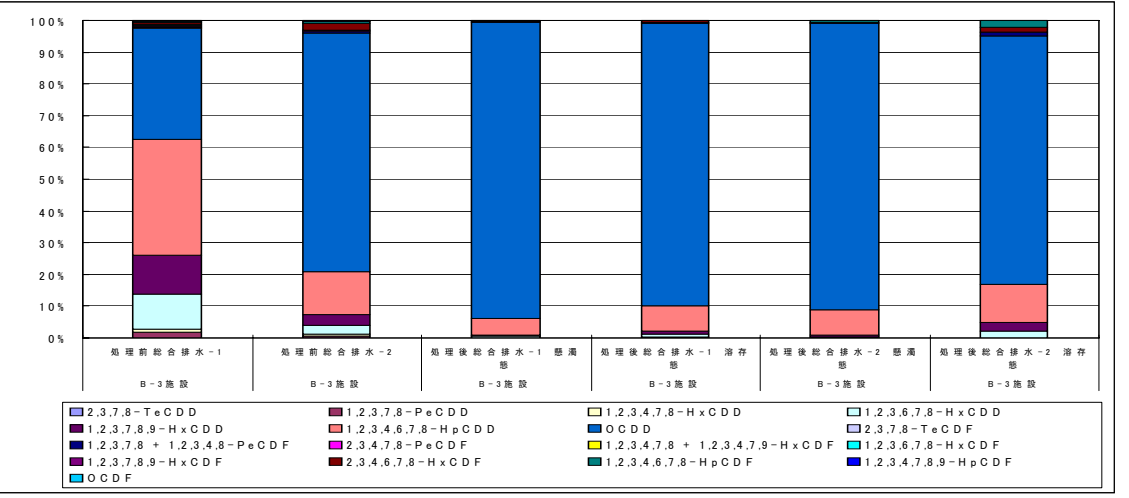


図8 B-3施設 PCDDs/DFs 異性体組成

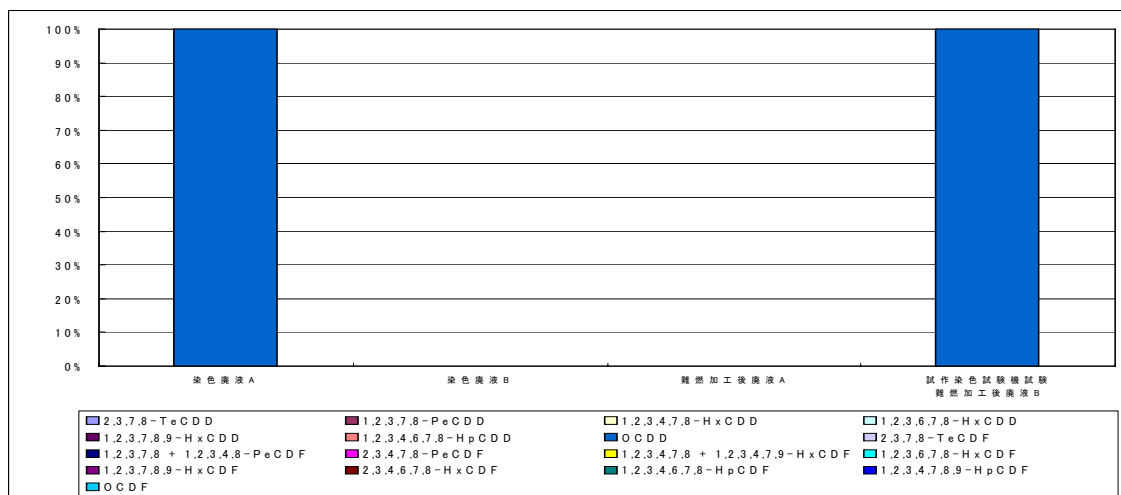


図9 試作染色試験機試験 PCDDs/DFs 異性体組成

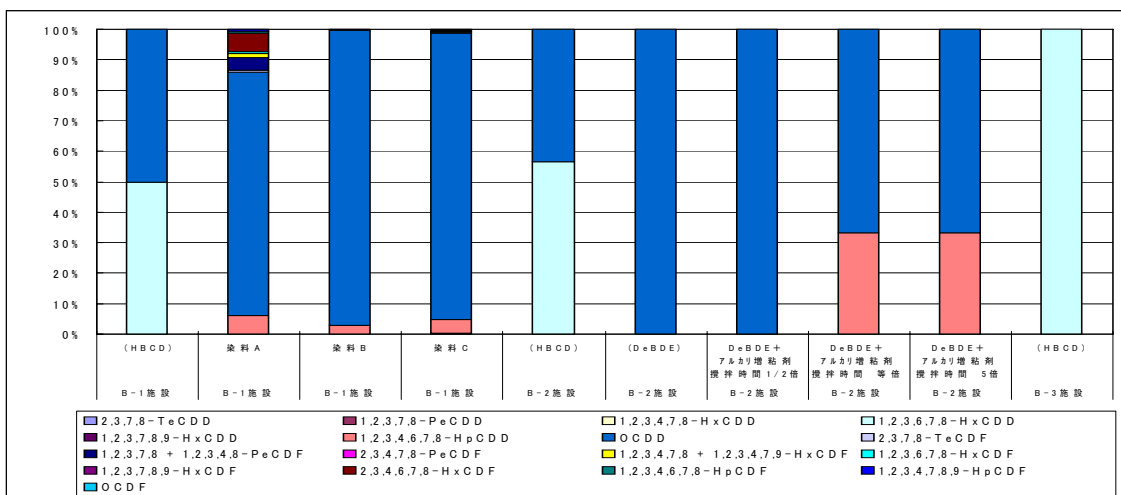


図10 染料・難燃剤のPCDDs/DFs 異性体組成

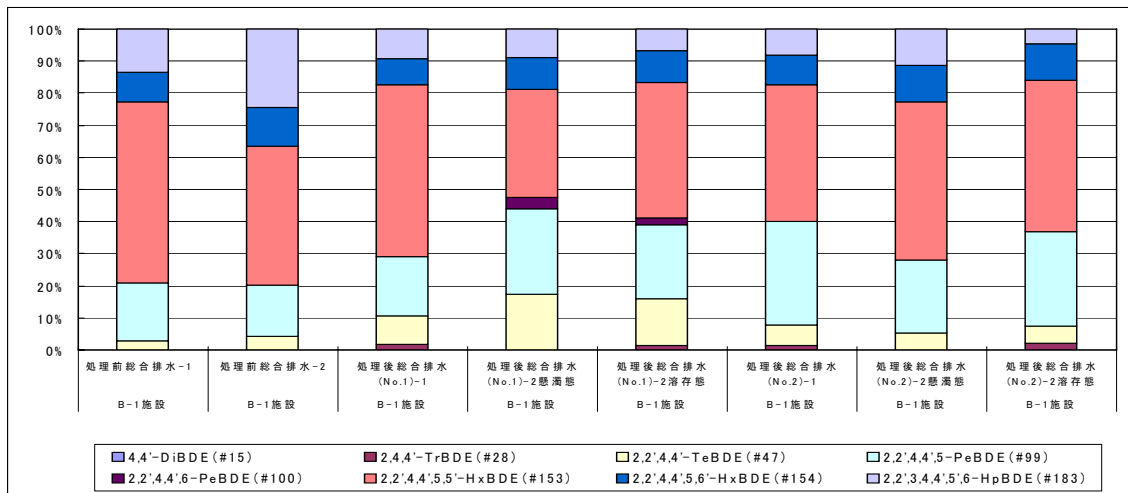


図 11 B-1 施設 PBDEs 異性体組成

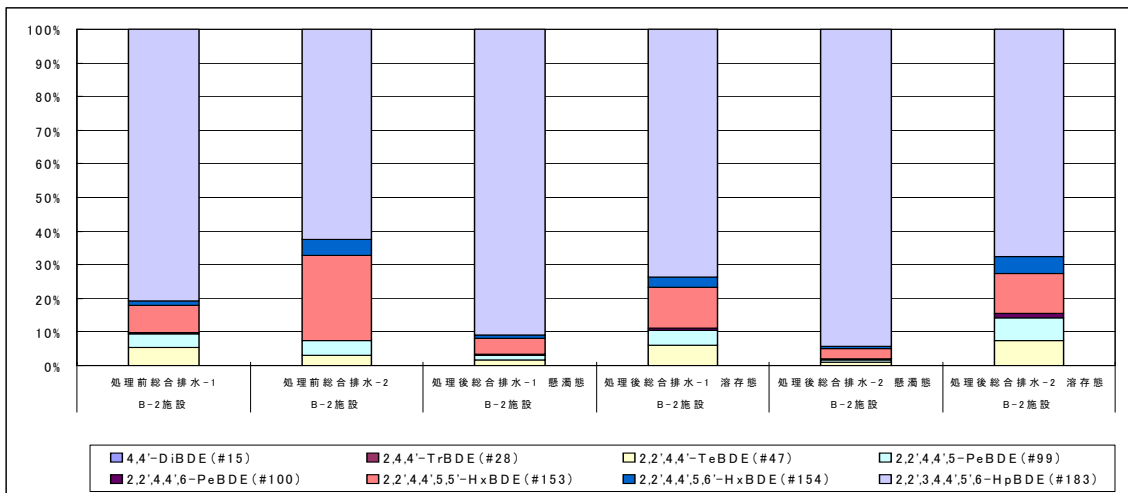


図 12 B-2 施設 PBDEs 異性体組成

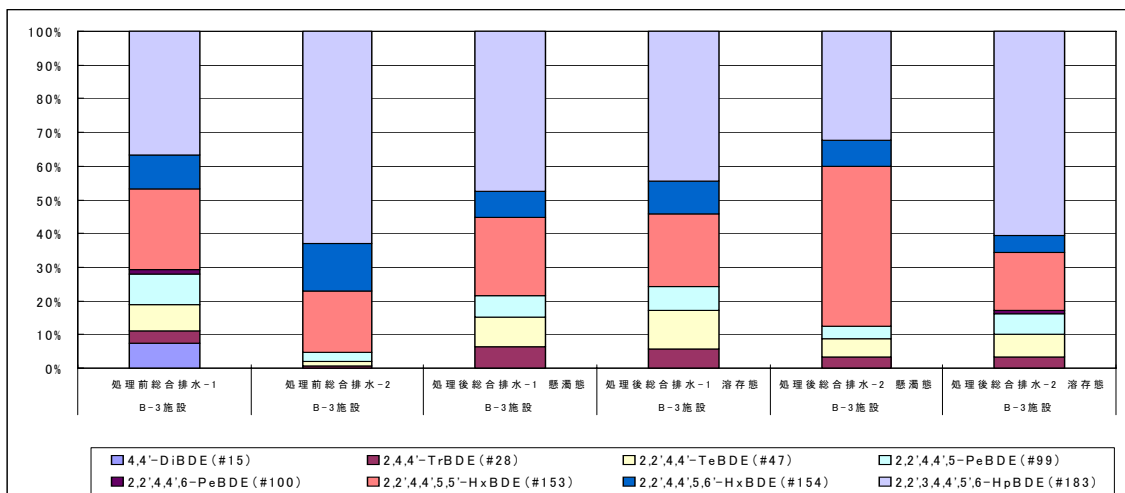


図 13 B-3 施設 PBDE s 異性体組成

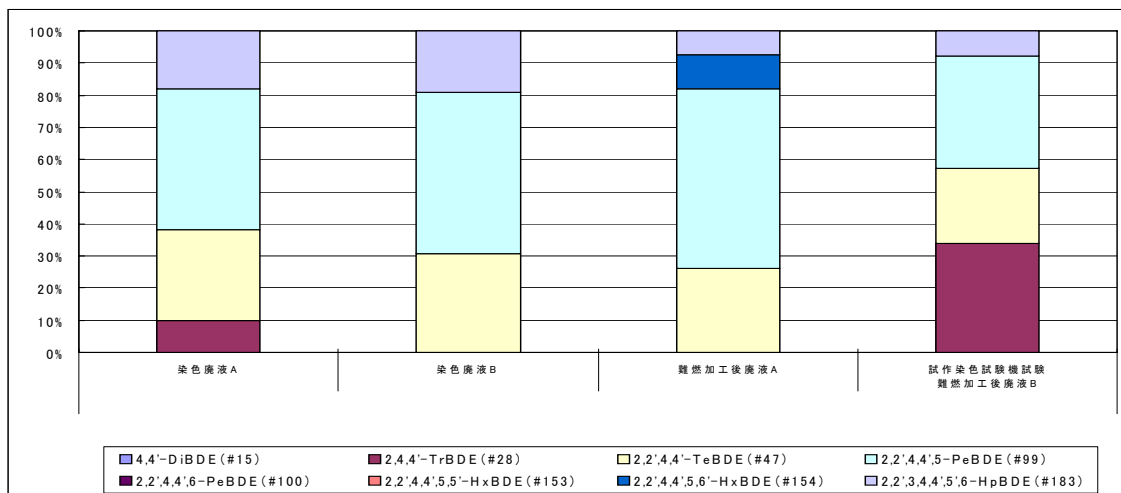


図 14 試作染色試験機試験 PBDEs 異性体組成

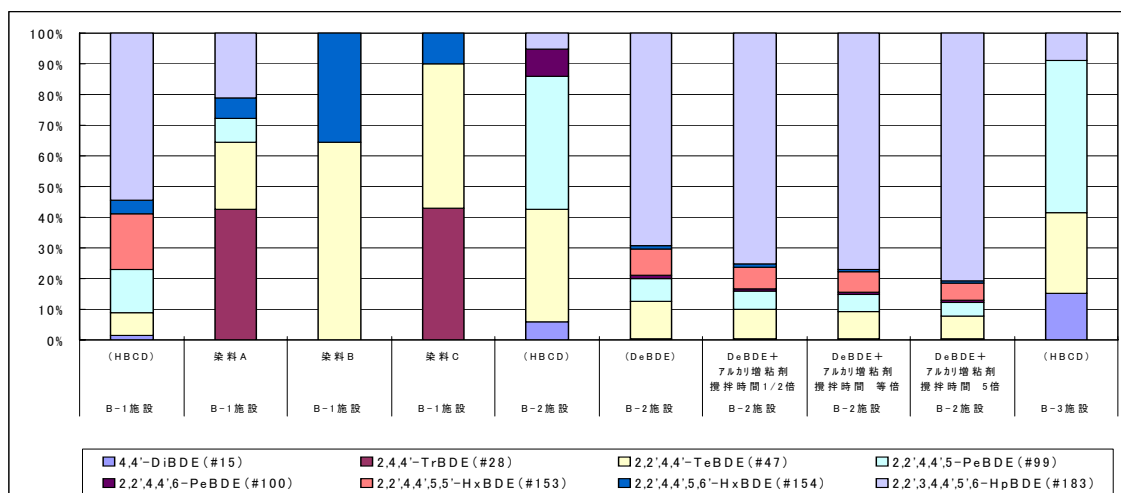


図 15 染料・難燃剤の PBDEs 異性体組成

別表-2 過去の調査結果一覧

排出ガス(臭素化・モノ臭素ポリ塩素化・塩素化ダイオキシン類)

※単位 (実測濃度:ng/m³_N, 毒性等量/毒性等量相当値:ng-TEQ/m³_N)

調査対象施設等		臭素化ダイオキシン類					モノ臭素ポリ塩素化ダイオキシン類			塩素化ダイオキシン類					調査年
		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		毒性等量相当数		検出頻度	平均値	濃度範囲	検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		毒性等量		
			平均値	濃度範囲	平均値	濃度範囲					平均値	濃度範囲	平均値	濃度範囲	
難燃剤使用材料製造工場	総合排出口	2/2	42000	0.59, 85000	0	0	0/2	ND	ND	2/2	0.81	0.42, 1.2	0.0057	0.00044, 0.011	H13(※1)
	押出機出口	2/2	8.8	5.7, 12	0.074	0.065, 0.084	0/2	ND	ND	2/2	14	12, 28	0.0026	0.0022, 0.003	
家電リサイクル工場		14/14	700	0.052～9800	3.7	0～52	4/14	0.14	ND～1.6	14/14	3.1	0.031～23	0.035	0.000032～0.38	
家電リサイクル工場		4/7	2.4	ND～12	0.017	0～11	0/7	ND	ND	7/7	0.83	0.011～2.0	0.033	0～0.013	
難燃プラスチック製造工場	総合排出口	5/5	980	0.011～4900	0.0036	0～0.018	1/5	0.0066	ND～0.033	5/5	2.1	0.14～7.1	0.0025	0～0.0058	H14(※2)
	押出機出口	6/6	23000	0.81～140000	0.0025	0～0.0059	3/6	0.025	ND～0.092	5/6	1.2	ND～2.5	0.0021	0～0.0052	
難燃剤製造工場 (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	5/5	0.025	0.006～0.044	2.3E-06	0.0000006～0.0000054	H15(※3)
難燃繊維加工工場		6/7	3.4	ND～13	0.046	0～0.21	2/7	4	ND～28	7/7	27	0.44～180	0.046	0.000099～0.31	
難燃プラスチック成形加工工場		6/9	860	ND～7100	3.9	0～33	4/9	0.029	ND～0.14	9/9	3.7	0.74～13	0.052	0.0028～0.16	
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	3/3	6.1	5.3～5.8	0.08	0.048～0.098	H16(※4)
	脱臭装置出口	0/3	0	ND	0	0	1/3	0.0014	ND～0.0041	3/3	3.2	1～7.2	0.036	0.016～0.076	
	焼却炉	1/3	0.013	ND～0.039	0	0	3/3	0.063	0.015～0.16	3/3	21	1.6～59	0.95	0.0075～2.8	
難燃剤製造工場(2,4,6-TBP)		3/3	8100	1.5～24000	0.0013	0～0.0039	1/3	0.067	ND～0.20	3/3	220	44～320	0.046	0.017～0.085	H17(※5)
DeBDE取扱製造施設	バグフィルター出口	3/3	8.5	4.9～13	0.0090	0.0066～0.011	0/3	ND	ND	3/3	0.14	0.12～0.17	0.000058	0.00045～0.000077	H18(※6)
	集じん器出口	3/3	4.4	0.16～9.6	0.0033	0.00033～0.0057	0/3	ND	ND	3/3	0.53	0.12～1.3	0.0016	0.00011～0.0046	

排水水(臭素化・モノ臭素ポリ塩素化・塩素化ダイオキシン類)

※単位 (実測濃度:pg/L, 毒性等量/毒性等量相当値:pg-TEQ/L)

調査対象施設等		臭素化ダイオキシン類					モノ臭素ポリ塩素化ダイオキシン類			塩素化ダイオキシン類					調査年
		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		毒性等量相当数		検出頻度	平均値	濃度範囲	検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		毒性等量		
			平均値	濃度範囲	平均値	濃度範囲					平均値	濃度範囲	平均値	濃度範囲	
難燃剤使用材料製造工場	工程等	5/5	32000	12～150000	0	0	0/5	ND	ND	5/5	310	19～1400	0.062	0.0029～0.28	H13(※1)
	工程等(SS)	5/5	470000	30～2300000	0.56	0～1.7	0/5	ND	ND	5/5	320	15～1300	0.16	0.0062～0.39	
家電リサイクル工場	雑排水1/1	1/1	27	27	0.22	0.22	0/1	ND	ND	1/1	21	21	0.0022	0.0022	H14(※2)
	雑排水(SS)	1/1	4100	4100	25	25	1/1	16	16	1/1	1500	1500	5.2	5.2	
家電リサイクル工場	雑排水6/6	6/6	5600	790～14000	31	2.5～65	2/6	5.1	ND～21	6/6	1100	150～3700	2.8	0.14～10	H15(※3)
	工程水1/1	1/1	140000	140000	420	420	1/1	520	520	1/1	420000	420000	240	240	
難燃プラスチック製造工場	総合排水出口等	6/6	32000	2～190000	1.5	0～8.5	2/6	0.86	ND～4.4	6/6	300	3.5～740	0.5	0～1.4	H16(※4)
	その他工程等	13/13	68000	7.6～820000	7.3	0.067～74	7/13	12	ND～54	12/13	360	ND～1000	0.75	0～4.6	
難燃剤製造工場 (TBBPA/TBBPAポリカーボネートオリゴマー)	総合排水出口等	2/2	460	280,630	0.92	0.54, 1.3	0/2	ND	ND	2/2	820	471, 600	0.28	0.17, 0.39	H17(※5)
	その他工程等	2/2	69000	8,000,130,000	24	0, 48	1/2	1.5	ND, 3	2/2	47	30, 63	0.14	0.099, 0.19	
難燃繊維加工工場	総合排水出口等	3/3	8000	320～170000	77	3.6～130	3/3	500	66～1300	3/3	590	170～980	3.6	0.61～8.5	H18(※6)
	その他工程等	4/4	920	4.4～2000	2.3	0～6.6	3/4	66	ND～170	4/4	10000	49～40000	17	0.042～66	
難燃繊維加工工場	処理後排水出口等	4/4	110000	270～490000	120	1.4～590	4/4	1200	ND～7000	4/4	2600	1200～6900	7.4	0.29～22	H19(※7)
	その他工程等	10/10	89000	10000～250000	390	26～1200	7/10	1500	160～4100	10/10	2800	2300～3900	8.4	4.1～12	
難燃プラスチック成形加工工場	総合排水出口等	4/6	600	ND～3000	2.8	0～14	4/6	0.25	ND～0.45	6/6	220	34～680	0.46	0.047～0.76	H20(※8)
	その他工程等	4/4	2400	ND～9200	16	0～63	1/4	0.088	ND～0.35	4/4	120	79～200	0.6	0.27～0.93	
下水道終末処理施設	流入水	3/3	5300	110～13000	26	0.25～63	1/3	0.14	ND～0.43	3/3	520	450～650	1.4	0.89～2.3	H21(※9)
	最初沈殿池流出水	2/3	1900	ND～5700	10	0～30	1/3	0.077	ND～0.23	3/3	250	130～370	0.56	0.41～0.71	
	最終沈殿池流出水	1/3	370	ND～1100	0.63	0～1.9	0/3	ND	ND	3/3	36	29～45	0.12	0.013～0.21	H22(※10)
	放流水	1/4	470	DN～1400	0.73	0～2.2	0/3	ND	ND	3/3	42	40～43	0.21	0.14～0.28	
難燃剤製造工場(2,4,6-TBP)	総合排水	3/3	30	14～55	0.062	0.022～0.096	1/3	3	ND～9	3/3	1100	920～1200	0.21	0.11～0.33	H23(※11)
	工程水	2/2	650000	220, 1300000	0.34	0.29, 0.40	1/2	20	ND～41	2/2	1600	1200, 1900	0.56	0.32, 0.81	
DeBDE取扱製造施設	総合排水	2/2	2600	340, 4900	14	0.69, 27	1/2	2.5	ND, 5	2/2	1200	49, 2400	1.6	0.17, 3.0	H24(※12)
	工程水	1/1	220000	220000	360	360	0/1	ND	ND	1/1	640	640	1.6	1.6	
難燃繊維加工工場	処理後排水出口等	4/4	2500	95～4700	9.3	0.37～19		未測定		4/4	1300	230～2600	2.3	0.90～3.0	H25(※13)
	その他工程等	18/18	150000	150～1200000	422	1.1～2700		未測定		18/18	55000	850～390000	170	3.0～740	

※1:平成13年度
 ※2:平成14年度
 ※3:平成15年度
 ※4:平成16年度
 ※5:平成17年度
 ※6:平成18年度
 臭素系ダイオキシン対策等検討調査結果報告書(環境省環境管理局総務課ダイオキシン対策室)
 臭素系ダイオキシン等排出実態調査結果報告書(環境省環境管理局総務課ダイオキシン対策室)
 臭素系ダイオキシン類排出実態等調査結果報告書(環境省環境管理局総務課ダイオキシン対策室)
 臭素系ダイオキシン類排出実態等調査結果報告書(環境省水・大気環境局総務課ダイオキシン対策室)
 臭素系ダイオキシン類排出実態等説明調査結果報告書(環境省水・大気環境局総務課ダイオキシン対策室)
 臭素系ダイオキシン類排出実態等説明調査結果報告書(環境省水・大気環境局総務課ダイオキシン対策室)

建屋内空気(臭素化・モノ臭素ポリ塩素化・塩素化ダイオキシン類)

※単位 (実測濃度:pg/m³, 毒性等量/毒性等量相当値:pg-TEQ/m³)

調査対象施設等	臭素化ダイオキシン類					モノ臭素ポリ塩素化ダイオキシン類			塩素化ダイオキシン類					調査年
	検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度 平均値	濃度範囲	毒性等量相当数 平均値	濃度範囲	検出頻度	平均値	濃度範囲	検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度 平均値	濃度範囲	毒性等量 平均値	濃度範囲	
家電リサイクル工場	4/4	3000	1600～7400	11	2.5～22	3/4	1.1	ND～2.4	4/4	130	100～160	0.32	0.048～0.68	H13(※1)
家電リサイクル工場	10/10	13000	930～75000	37	3.2～180	9/10	4.7	ND～30	10/10	150	81～330	0.51	0.19～1.3	H14(※2)
難燃繊維加工工場	7/7	160	1.3～950	0.86	0～5.6	3/7	0.67	ND～3.2	7/7	38	15～120	0.13	0.084～0.18	H15(※3)
難燃プラスチック成形工場	9/9	580	0.49～2200	3.1	0～13	2/9	0.3	ND～2.5	9/9	97	9.3～560	0.072	0.028～0.17	H16(※4)
DeBDE取扱製造施設	2/2	27000	16000, 38000	47	16, 78	0/2	ND	ND	2/2	13	12, 14	0.059	0.046, 0.072	H18(※6)

環境大気(臭素化・モノ臭素ポリ塩素化・塩素化ダイオキシン類)

※単位 (実測濃度:pg/m³, 毒性等量/毒性等量相当値:pg-TEQ/m³)

調査対象施設等	臭素化ダイオキシン類					モノ臭素ポリ塩素化ダイオキシン類			塩素化ダイオキシン類					調査年
	検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度 平均値	濃度範囲	毒性等量相当数 平均値	濃度範囲	検出頻度	平均値	濃度範囲	検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度 平均値	濃度範囲	毒性等量 平均値	濃度範囲	
難燃剤使用材料製造工場周辺	3/3	700	0.51～2100	0	0	1/3	0.007	ND～0.022	3/3	7.9	5.6～10	0.07	0.047～0.11	H13(※1)
家電リサイクル工場周辺	5/5	6.7	2.9～11	0.021	0～0.035	5/5	1.3	0.047～3.7	5/5	16	3.0～27	0.099	0.012～0.21	H14(※2)
家電リサイクル工場周辺	7/7	10	3.6～26	0.058	0.011～0.15	4/7	0.84	ND～3.7	7/7	16	5.1～28	0.12	0.044～0.33	
難燃プラスチック成形工場周辺	8/8	140	0.88～990	0.11	0.0028～0.65	5/8	1.3	ND～8.9	8/8	31	1.6～160	0.22	0.012～0.97	
難燃剤製造工場周辺 (TBBPA/TBPPA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	0.2	ND～0.78	4/4	4.7	3.3～7.3	0.037	0.02～0.052	H15(※3)
難燃繊維加工工場周辺	6/6	4.1	0.56～8.8	0.011	0～0.042	6/6	0.21	0.031～0.38	6/6	5.9	5.0～6.7	0.045	0.034～0.053	H16(※4)
難燃プラスチック成形工場周辺	12/12	8.9	0.12～47	0.01	0～0.10	6/12	0.047	ND～0.36	12/12	7.1	3.0～13	0.077	0.026～0.26	
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	0.03	ND～0.088	6/6	26	6.7～110	0.15	0.062～0.30	H17(※5)
難燃剤製造工場周辺(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	5/5	27	13～58	0.15	0.031～0.35	
DeBDE取扱製造施設	4/4	110	8.2～390	0.44	0.11～1.4	1/4	0.002	ND～0.007	4/4	4.7	3.9～5.2	0.027	0.019～0.036	H18(※6)

(注)H10年度は、4～6臭素化体測定

降下ばいじん(臭素化・モノ臭素ポリ塩素化・塩素化ダイオキシン類)

※単位 (実測濃度:pg/m²/day, 毒性等量/毒性等量相当値:pg-TEQ/m²/day)

調査対象施設等	臭素化ダイオキシン類					モノ臭素ポリ塩素化ダイオキシン類			塩素化ダイオキシン類					調査年
	検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度 平均値	濃度範囲	毒性等量相当数 平均値	濃度範囲	検出頻度	平均値	濃度範囲	検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度 平均値	濃度範囲	毒性等量 平均値	濃度範囲	
家電リサイクル工場周辺	4/4	15000	2300～26000	62	18～130	3/4	820	0～3200	4/4	15000	1200～24000	61	9.9～160	H13(※1)
家電リサイクル工場周辺	7/7	47000	2000～180000	250	3.5～960	7/7	4800	17～33000	7/7	18000	4000～67000	130	9.5～710	H14(※2)
難燃プラスチック製造工場周辺	7/7	34000	1100～120000	150	2.8～660	7/7	130	9.4～590	7/7	11000	4300～34000	21	11～37	H15(※3)
難燃剤製造工場周辺	2/2	3000	500, 5400	19	1.7, 36	2/2	9	ND, 18	2/2	1000	870, 1200	8.8	8.3, 9.2	
難燃繊維加工工場	3/3	2300	900～3300	14	2.6～20	3/3	100	26～160	3/3	2300	960～3400	22	7.1～50	H16(※4)
難燃プラスチック成形加工工場周辺	6/6	670	140～1600	1.3	0～3.2	5/6	18	ND～46	6/6	3000	1700～5200	18	9.5～41	
下水道終末処理施設周辺	3/3	410	240～680	0.3	0～0.50	2/3	18	ND～46	3/3	3600	2700～5000	16	13～23	H17(※5)
難燃剤製造工場周辺(2,4,6-TBP)	3/3	1300	460～2500	2	0.67～3.2	2/3	29	ND～83	3/3	6700	2700～11000	23	13～44	
DeBDE取扱製造施設	2/2	13000	8500, 17000	41	33, 49	2/2	16	ND, 31	2/2	2700	1900, 3400	16	9.4, 22	H18(※6)

公共用水域水質(臭素化・モノ臭素ポリ塩素化・塩素化ダイオキシン類)

※単位 (実測濃度:pg/L, 毒性等量/毒性等量相当値:pg-TEQ/L)

調査対象施設等		臭素化ダイオキシン類					モノ臭素ポリ塩素化ダイオキシン類			塩素化ダイオキシン類					調査年
		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		毒性等量相当数		検出頻度	平均値	濃度範囲	検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		毒性等量相当数		
			平均値	濃度範囲	平均値	濃度範囲					平均値	濃度範囲	平均値	濃度範囲	
家電リサイクル工場周辺	河川上流	1/2	14	ND, 28	0.055	0, 0.11	2/2	0.63	0.32, 0.94	2/2	990	801, 900	2.1	0.13, 4.1	H14(※2)
	河川下流	2/3	29	ND～87	0.057	0～0.17	1/3	0.1	ND～0.30	3/3	430	84～1100	0.96	0.11～2.5	
難燃プラスチック製造工場 周辺	河川上流・ 排出口から離れた海域	3/5	5.1	ND～20	0.014	0～0.028	0/5	ND	ND	5/5	63	21～140	0.17	0.0086～0.41	
	河川下流・ 排出口付近海域4/6	4/6	5.8	ND～31	0.01	0～0.037	0/6	ND	ND～0.45	6/6	60	26～120	0.16	0.01～0.45	
難燃剤製造工場周辺 (TBBPA/TBBPAポリカーボネートオリゴマー)	排出口から離れた海域	2/2	95	20, 170	0.023	0.050, 0.41	2/2	2.5	2, 3	2/2	20	12, 27	0.05	0.048, 0.051	H15(※3)
	排出口付近海域	2/2	13	0.5, 25	0.025	0, 0.05	2/2	1.5	1, 2	2/2	55	21, 89	0.18	0.053, 0.31	
難燃繊維加工工場周辺	河川上流	2/2	3300	16, 6600	9	0.065, 18	2/2	68	5.6, 130	2/2	2100	1700, 2400	2.3	1.6, 3.0	
	河川下流	2/2	7300	7200, 7300	21	18, 23	2/2	85	49, 120	2/2	1500	1300, 1600	2.4	1.9, 2.9	
	排出口から離れた海域	1/1	23	23	0.072	0.072	1/1	5.8	5.8	1/1	76	76	0.067	0.067	
	排出口付近海域	1/1	5900	5900	29	29	1/1	11	11	1/1	770	770	3.7	3.7	
難燃プラスチック成形加工工 場周辺	河川上流・ 排出口から離れた海域	1/6	1.2	ND～7.1	0.0067	0～0.04	1/6	0.1	ND～0.6	6/6	220	14～1100	0.31	0.0056～1.6	H16(※4)
	河川下流・ 排出口付近海域	3/6	10	ND～49	0.023	0～0.10	3/6	0.48	ND～1.4	6/6	190	17～860	0.24	0.0069～1.0	
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	3/3	380	150～540	0.83	0.43～1.6	
	河川下流	2/3	330	ND～1000	0.5	0～1.5	2/3	1.2	ND～3.3	3/3	110	47～160	0.3	0.059～0.43	
難燃剤製造工場周辺 (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	3/3	49	29～61	0.11	0.094～0.13	H17(※5)
	排出口付近海域	1/3	40	ND～120	0.083	0～0.25	2/3	1.5	ND～4.0	3/3	710	58～1900	1.0	0.24～2.4	
DeBDE取扱製造施設	河川上流・ 排出口から離れた海域	2/2	27	22, 32	0.055	0.051, 0.059	1/2	2.7	ND, 5.4	2/2	900	21, 1800	0.0046	0.00073, 0.0084	H18(※6)
	河川下流・ 排出口付近海域	2/2	85	73, 97	0.10	0.073, 0.13	1/2	2.6	ND, 5.2	2/2	800	31, 1600	0.0043	0.00061, 0.0080	

公共用水域底質(臭素化・モノ臭素ポリ塩素化・塩素化ダイオキシン類)

※単位 (実測濃度:pg/g, 毒性等量/毒性等量相当値:pg-TEQ/g)

調査対象施設等		臭素化ダイオキシン類					モノ臭素ポリ塩素化ダイオキシン類			塩素化ダイオキシン類				調査年	
		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		毒性等量相当数		検出頻度	平均値	濃度範囲	検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		毒性等量相当数		
			平均値	濃度範囲	平均値	濃度範囲					平均値	濃度範囲	平均値		濃度範囲
難燃剤使用材料製造工場周辺	排出口から離れた海域	2/2	4400	530, 8300	71	1.7, 140	2/2	27	7.1, 47	2/2	79000	8800, 150000	26	14, 39	H13(※1)
	排出口付近海域	2/2	850	5, 1700	14	0, 27	2/2	19	11, 27	2/2	5300	2600, 8000	6.6	6.2, 7	
家電リサイクル工場周辺	河川上流	1/2	75	ND, 150	0.46	0, 0.91	1/2	22	ND, 44	2/2	13000	160, 25000	23	0.53, 45	H14(※2)
	河川下流	2/3	150	ND～410	1	0～3.0	2/3	37	ND～98	3/3	19000	130, 51000	39	0.37～110	
難燃プラスチック製造工場周辺	河川上流・ 排出口から離れた海域	4/5	130	ND～280	0.98	0～3.3	4/5	90	ND～190	5/5	37000	220～180000	32	0.28～82	H15(※3)
	河川下流・排出口付近海域	5/6	520	ND～1400	2.1	0～8.0	5/6	150	ND～670	6/6	7500	200～18000	13	0.89～38	
難燃剤製造工場周辺 (TBBPA/TBBPAポリカーボネートオリゴマー)	排出口から離れた海域	2/2	720	30, 1400	4.1	0.11, 8.1	2/2	53	11, 94	2/2	3400	2400, 4300	7	5.0, 8.9	H15(※3)
	排出口付近海域	2/2	1800	84, 3600	8.2	0.37, 16	2/2	48	2.9, 94	2/2	2600	1400, 3800	5.9	2.9, 8.9	
難燃繊維加工工場周辺	河川上流	2/2	650	1.3, 1300	3.6	0.23, 6.9	2/2	22	1.0, 42	2/2	990	86, 1900	2.8	0.17, 5.5	H16(※4)
	河川下流	2/2	1000	28, 2000	5.1	0.11, 10	2/2	7.5	ND, 15	2/2	660	11, 1300	1.7	0.66, 2.8	
	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	1/1	85	85	0.19	0.19	
	排出口付近海域	1/1	16	16	0.074	0.074	1/1	1.4	1.4	1/1	75	75	0.18	0.18	
難燃プラスチック成形加工工場周辺	河川上流・ 排出口から離れた海域	3/6	5.4	ND～27	0.04	0～0.22	4/6	2	ND～9.3	6/6	450	48～1500	1.1	0.24～4.2	H16(※4)
	河川下流・排出口付近海域	5/6	21	ND～27	0.063	0～0.22	5/6	2.3	ND～7.2	6/6	520	40～720	1.1	0.14～1.7	
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	3/3	1900	900～2500	4.1	0.72～6.2	H17(※5)
	河川下流	3/3	570	16～1000	2.5	0.05～4.2	3/3	3.4	2.2～4.3	3/3	660	260～940	1.7	1.6～1.7	
難燃剤製造工場周辺 (2,4,6-TBP)	排出口から離れた海域	3/3	570	50～1500	11	0.31～30	3/3	76	16～140	3/3	49	29～61	37	11～70	H17(※5)
	排出口付近海域	3/3	1300	1300	10	7.1～14	3/3	3000	27～8300	3/3	2000000	9600～6000000	2100	37～6200	
DeBDE取扱製造施設	河川上流・ 排出口から離れた海域	2/2	370	88, 660	0.90	0.090, 1.7	2/2	38	0.8, 76	2/2	2700	360, 5100	5.7	0.37, 11	H18(※6)
	河川下流・ 排出口付近海域	2/2	2200	32, 4300	9.6	0.13, 19	2/2	130	1.2, 260	2/2	3300	840, 5800	12	0.67, 24	

排出ガス(ポリ臭素化ジフェニルエーテル・テトラブロモビスフェノールA・トリブロモフェノール・ヘキサブロモシクロデカン)

※単位 (実測濃度:ng/m³)

調査対象施設等		ポリ臭素化ジフェニルエーテル			テトラブロモビスフェノールA			トリブロモフェノール			ヘキサブロモシクロデカン			調査年
		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
			平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
難燃剤使用材料製造工場	総合排出口	2/2	870	46, 1700	2/2	250	33, 470	未測定		未測定		H13(※1)		
	押出機出口	2/2	1500	27, 3000	2/2	150	2.3, 290	未測定		未測定				
家電リサイクル工場		14/14	670000	49～9300000	14/14	2300	2.8～30000	未測定		未測定		H14(※2)		
家電リサイクル工場		7/7	360	3.9～1400	7/7	110	13～300	未測定		未測定				
難燃プラスチック製造工場	総合排出口	5/5	83	1.0～230	5/5	130000	3.1～620000	未測定		未測定		H15(※3)		
	押出機出口	6/6	69	22～170	6/6	60000	540～350000	未測定		未測定				
難燃繊維加工工場		7/7	2400	16～9000	7/7	550	8.6～2400	7/7	2200	9.2～14000	7/7	740000	46～3700000	H16(※4)
難燃プラスチック成形加工工場		9/9	270000	16～2100000	9/9	4.2	0.84～12	7/9	37	ND～190	9/9	110	6.8～790	H17(※5)
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	3/3	12	5.4～22	3/3	29	19～39	H18(※6)
	脱臭装置出口	3/3	13	6.7～19	3/3	1.8	1.3～2.1	3/3	7.6	5.4～11	3/3	31	ND～79	
	焼却炉	3/3	88	14～230	3/3	4	3.3～5.1	3/3	12	5.6～22	3/3	36	6.6～78	
難燃剤製造工場(2,4,6-TBP)		3/3	5200	310～10000	3/3	180000	940～540000	3/3	14000000	16000～41000000	2/3	460	ND～790	H19(※7)

排出水(ポリ臭素化ジフェニルエーテル・テトラブロモビスフェノールA・トリブロモフェノール・ヘキサブロモシクロデカン)

※単位 (実測濃度:ng/L)

調査対象施設等		ポリ臭素化ジフェニルエーテル			テトラブロモビスフェノールA			トリブロモフェノール			ヘキサブロモシクロデカン			調査年
		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
			平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
難燃剤使用材料製造工場	工程等	5/5	1.5	1.1～2.0	4/5	5.2	ND～24	未測定		未測定		H13(※1)		
	工程等(SS)	5/5	100	1.4～320	5/5	14	2.0～49	未測定		未測定				
家電リサイクル工場	雑排水	1/1	3.7		1/1	3.2		未測定		未測定		H14(※2)		
	雑排水(SS)	1/1	310	310	1/1	31	31	未測定		未測定				
家電リサイクル工場	雑排水	6/6	610	110～1800	6/6	780	18～2600	未測定		未測定		H14(※2)		
	工程水	1/1	190000	190000	1/1	25000	25000	未測定		未測定				
難燃プラスチック製造工場	総合排水出口等	6/6	320	0.15～1900	6/6	7600	0.15～1900	未測定		未測定		H15(※3)		
	その他工程等	13/13	720	0.85～7600	13/13	19000	6.7～220000	未測定		未測定				
難燃繊維加工工場	総合排水出口等	3/3	2100000	1900～6200000	3/3	440	61～710	3/3	68	32～100	3/3	1200000	180000～200000	H15(※3)
	その他工程等	4/4	1900	140～6500	4/4	79	13～170	4/4	710	17～2700	4/4	18000000	1400000～53000000	
難燃繊維加工工場	処理後排水出口等	4/4	5000000	500～40000000	4/4	20	0.93～87	4/4	140	33～320	4/4	13000000	4400～44000000	H17(※5)
	その他工程等	10/10	1600000	270～6400000	10/10	6.6	3.7～8.7	10/10	89	49～190	10/10	38000000	610000～8100000	
難燃プラスチック成形加工工場	総合排水出口等	6/6	710	2.4～4200	6/6	1.5	0.15～6.7	6/6	2.9	0.62～7.4	5/6	2.5	ND～5.0	H16(※4)
	その他工程等	4/4	230	3.6～440	4/4	3.8	0.16～11	4/4	20	0.38～71	4/4	0.99	0.5～1.3	
下水道終末処理施設	流入水	3/3	160000	140～490000	3/3	9.6	6.7～11	3/3	2.2	1.4～3.4	3/3	5700	11～17000	H16(※4)
	最初沈殿池流出水	3/3	33000	13～100000	3/3	3.3	2.0～4.1	3/3	3.9	1.3～7.7	3/3	210	9.7～620	
	最終沈殿池流出水	3/3	5300	3.9～16000	3/3	0.45	0.34～0.56	3/3	5.2	1.4～8.1	3/3	400	1.6～1200	
	放流水	3/3	6000	3.2～18000	3/3	0.86	0.33～1.4	3/3	32	5.9～84	3/3	400	2.9～1200	
難燃剤製造工場 (2,4,6-TBP)	総合排水	3/3	5	4.1～5.9	3/3	130	12～270	3/3	57	32～96	3/3	8.1	1.9～16	H17(※5)
	工程水	2/2	100	8.4, 200	2/2	1400000	490, 2700000	2/2	16000000	2700, 31000000	2/2	110	17, 200	
難燃繊維加工工場	処理後排水出口等	4/4	22000	99～42000	未測定		未測定		未測定		未測定		H18(※6)	
	その他工程等	18/18	720000	340～5900000	未測定		未測定		未測定		未測定			

建屋内空気(ポリ臭素化ジフェニルエーテル・テトラブロモビスフェノールA・トリブロモフェノール・ヘキサブロモシクロデカン)

※単位 (実測濃度:ng/m³)

調査対象施設等	ポリ臭素化ジフェニルエーテル			テトラブロモビスフェノールA			トリブロモフェノール			ヘキサブロモシクロデカン			調査年
	検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
		平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
家電リサイクル工場	4/4	330	220～680	4/4	87	14～210	未測定		未測定		未測定		H13(※1)
家電リサイクル工場	10/10	3800	89～19000	10/10	61	2.3～250	未測定		未測定		未測定		H14(※2)
難燃繊維加工工場	7/7	20	0.65～91	7/7	18	3.0～57	7/7	8.9	0.86～24	7/7	1700	200～5900	H15(※3)
難燃プラスチック成形加工工場	9/9	1300	0.97～11000	9/9	2.8	0.15～20	9/9	4.1	0.16～32	9/9	0.46	0.12～2.1	H16(※4)

環境大気(ポリ臭素化ジフェニルエーテル・テトラブロモビスフェノールA・トリブロモフェノール・ヘキサブロモシクロデカン)

※単位 (実測濃度:ng/m³)

調査対象施設等	ポリ臭素化ジフェニルエーテル			テトラブロモビスフェノールA			トリブロモフェノール			ヘキサブロモシクロデカン			調査年
	検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
		平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
難燃剤使用材料製造工場周辺	3/3	0.233	0.03～0.540	3/3	0.34	0.055～0.117	未測定		未測定		未測定		H13(※1)
家電リサイクル工場周辺	5/5	0.46	0.37～0.74	5/5	0.19	0.082～0.49	未測定		未測定		未測定		H14(※2)
家電リサイクル工場周辺	7/7	1.1	0.44～3.3	7/7	0.33	0.13～1.1	未測定		未測定		未測定		
難燃プラスチック製造工場周辺	8/8	6.4	0.032～42	8/8	4.8	0.12～10	未測定		未測定		未測定		H15(※3)
難燃繊維加工工場周辺	6/6	1.7	0.054～6.1	6/6	2.3	0.14～5.4	6/6	0.33	0.033～0.86	6/6	59	2.2～140	
難燃プラスチック成形加工工場周辺	12/12	0.21	0.012～1.5	12/12	0.14	0.0074～0.53	12/12	0.16	0.040～0.43	9/12	0.44	ND～5.1	H16(※4)
下水道終末処理施設	6/6	0.13	0.027～0.53	6/6	0.13	0.014～0.47	6/6	0.25	0.021～0.90	5/6	0.65	ND～3.4	H17(※5)
難燃剤製造工場(2,4,6-TBP)	5/5	0.2	0.063～0.58	5/5	130	4.0～520	5/5	30	0.59～130	4/5	0.067	ND～0.16	

降下ばいじん(ポリ臭素化ジフェニルエーテル・テトラブロモビスフェノールA・トリブロモフェノール・ヘキサブロモシクロデカン)

※単位 (実測濃度:ng/m²/day)

調査対象施設等	ポリ臭素化ジフェニルエーテル			テトラブロモビスフェノールA			トリブロモフェノール			ヘキサブロモシクロデカン			調査年
	検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度		
		平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲		平均値	濃度範囲	
家電リサイクル工場周辺	4/4	730	170～1300	4/4	410	140～810	未測定			未測定			H13(※1)
家電リサイクル工場周辺	7/7	4100	510～22000	7/7	790	130～1700	未測定			未測定			H14(※2)
難燃プラスチック製造工場周辺	7/7	5500	100～29000	7/7	2000	210～3300	未測定			未測定			H15(※3)
難燃繊維加工工場周辺	3/3	220	78～330	3/3	270	88～420	3/3	83	38～120	3/3	2700	1900～3700	
難燃プラスチック成形加工工場周辺	6/6	74	19～160	6/6	28	3.0～53	6/6	52	18～110	6/6	400	5.8～2300	H16(※4)
下水道終末処理施設	3/3	55	24～72	3/3	45	6.5～98	3/3	26	18～38	3/3	13	9.1～19	H17(※5)
難燃剤製造工場(2,4,6-TBP)	3/3	57	43～70	3/3	18000	1700～39000	3/3	1800	260～4400	3/3	31	15～41	

公共用水域水質(ポリ臭素化ジフェニルエーテル・テトラブロモビスフェノールA・トリブロモフェノール・ヘキサブロモシクロデカン)

※単位 (実測濃度:ng/L)

調査対象施設等		ポリ臭素化ジフェニルエーテル			テトラブロモビスフェノールA			トリブロモフェノール			ヘキサブロモシクロデカン			調査年
		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度 平均値 濃度範囲		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度 平均値 濃度範囲		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度 平均値 濃度範囲		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度 平均値 濃度範囲		
家電リサイクル工場周辺	河川上流	2/2	6.8	0.52, 13	2/2	1.2	0.24, 2.1		未測定			未測定		H14(※2)
	河川下流	3/3	10	0.46～27	3/3	3.4	0.37～9.3		未測定			未測定		
難燃プラスチック 製造工場周辺	河川上流・排出口から離れた海域	5/5	6	0.36～27	5/5	2.2	0.22～4.1		未測定			未測定		
	河川下流・排出口付近海域	6/6	14	0.40～83	6/6	16	0.4～62		未測定			未測定		
難燃繊維加工工場周辺	河川上流	2/2	5500	26, 11000	2/2	4.0	2.8, 5.2	2/2	2.9	1.7, 4.0	2/2	9100	1100, 17000	H15(※3)
	河川下流	2/2	100000	34000, 170000	2/2	2.0	1.7, 2.2	2/2	5.2	4.3, 6.1	2/2	32000	13000, 50000	
	排出口から離れた海域	1/1	70	70	1/1	17	17	1/1	3.1	3.1	1/1	12000	12000	
	排出口付近海域	1/1	11000	11000	1/1	250	250	1/1	1600	1600	1/1	440000	440000	
難燃プラスチック 成形加工工場周辺	河川上流・排出口から離れた海域	6/6	0.78	0.26～1.7	6/6	1.8	0.09～9.9	6/6	4.8	0.55～15	6/6	25	ND～110	H16(※4)
	河川下流・排出口付近海域	6/6	5.7	0.24～23	6/6	1.6	0.12～8.4	6/6	4.8	0.78～12	4/6	6	0.07～21	
下水道終末処理施設	河川上流	3/3	10	1.6～27	3/3	0.14	0.03～0.20	3/3	0.94	0.13～1.6	3/3	13	0.53～37	
	河川下流	3/3	3700	3.7～11000	3/3	0.33	0.27～0.42	3/3	21	2.1～59	3/3	400	2.2～1200	
難燃剤製造工場(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	3/3	4.4	1.6～9.4	3/3	0.47	ND～1.4	H17(※5)
	排出口付近海域	3/3	3.6	0.28～8.5	3/3	39	3.0～85	3/3	20	5.5～50	3/3	0.44	ND～0.84	

公共用水域底質(ポリ臭素化ジフェニルエーテル・テトラブロモビスフェノールA・トリブロモフェノール・ヘキサブロモシクロデカン)

調査対象施設等		ポリ臭素化ジフェニルエーテル			テトラブロモビスフェノールA			トリブロモフェノール			ヘキサブロモシクロデカン			調査年
		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度 平均値 濃度範囲		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度 平均値 濃度範囲		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度 平均値 濃度範囲		検出頻度 (検出数/調査数)	実測濃度 平均値 濃度範囲		
難燃剤使用材料 製造工場周辺	排出口から離れた海域	2/2	78	15, 140	2/2	1.7	0.41, 3		未測定			未測定		H13(※1)
	排出口付近海域	2/2	7	0.098, 14	0/2	0	0		未測定			未測定		
家電リサイクル工場周辺	河川上流	2/2	25	0.041, 49	2/2	0.83	0.052, 1.6		未測定			未測定		H14(※2)
	河川下流	3/3	35	0.19～96	3/3	6.5	0.037～13		未測定			未測定		
難燃プラスチック 製造工場周辺	河川上流・排出口から離れた海域	5/5	190	0.69～520	5/5	1.7	0.42～4.7		未測定			未測定		
	河川下流・排出口付近海域	6/6	180	0.48～390	6.6	13	0.020～66		未測定			未測定		
難燃繊維加工工場周辺	河川上流	2/2	8000	1.7, 16000	2/2	0.93	0.092, 0.93	2/2	0.73	0.36, 1.1	2/2	380	70, 680	H15(※3)
	河川下流	2/2	2800	9.6, 5500	2/2	0.74	0.65, 0.83	2/2	0.57	0.040, 1.1	2/2	370	76, 660	
	排出口から離れた海域	1/1	1.4	1.4	1/1	0.033	0.033	1/1	0.15	0.15	1/1	110	110	
	排出口付近海域	1/1	6.2	6.2	1/1	0.29	0.29	1/1	0.21	0.21	1/1	1100	1100	
難燃プラスチック 成形加工工場周辺	河川上流・排出口から離れた海域	6/6	1.1	0.064～4.1	6/6	0.52	0.01～2.6	6/6	1	0.19～4.6	6/6	6	0.07～21	H16(※4)
	河川下流・排出口付近海域	6/6	3.7	0.056～14	6/6	2.4	0.011～14	6/6	0.77	0.073～3.2	6/6	12	0.54～53	
下水道終末処理施設	河川上流	3/3	30	0.37～54	3/3	0.73	0.07～1.5		1.3	0.38～2.1		4.3	0.49～6.7	
	河川下流	3/3	900	3.7～1600	3/3	0.31	0.10～0.68	3/3	0.43	0.30～0.58	3/3	13	1.0～36	
難燃剤製造工場(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	3/3	9.3	7.8～11	3/3	13	5.7～21	H17(※5)
	排出口付近海域	3/3	230	35～360	3/3	83	19～120	3/3	38	9.9～72	3/3	41	5.5～77	

2. 基礎情報調査

2-1 臭素化ダイオキシン類の毒性について

1. IPCS「環境保健クライテリア 205 ポリ臭素化ジベンゾ-パラ-ダイオキシン類及びジベンゾフラン類」(1998) より

実験動物に及ぼす影響およびin vitro 試験系での結果

大部分の研究は2, 3, 7, 8-TeBDD の毒性に関してであるが、他のPBDDs/PBDFs とPXDDs/PXDFs についても幾つかの情報がある。

(1) 単回曝露

2, 3, 7, 8-TeBDD は、消耗性症候群 (wasting syndrome) 、胸腺萎縮 と肝毒性を含む典型的な2, 3, 7, 8-TeCDD様の作用を引き起こした。さらに、2, 3, 7, 8-TeCDD に曝露させたラットでは報告されていない肝臓紫斑病 (peliosis hepatis) の徴候を示す肝臓障害がみられた。

2, 3, 7, 8-TeBDF へ単回曝露後のモルモットおよび短期間曝露後のラットにみられた病変の様態(死亡率、組織病理学、肝臓および胸腺重量)は2, 3, 7, 8-TeCDF の場合と同じであった。

2, 3, 7, 8-TeBDD は内分泌系に作用を示す。ラットにおいて、血液中の甲状腺ホルモン量と精子形成能障害に用量依存的な変化がみられている。

2, 3, 7, 8-TeBDD のWistar 系ラットにおける経口でのLD₅₀(28日の観察期間)は、雌では約100 μ g/kg 体重、雄では約300 μ g/kg 体重であった。他の試験で得られた

2, 3, 7, 8-TeCDD の経口でのLD₅₀ 値は22 と>3, 000 μ g/kg 体重の間の範囲であった。等モル用量の2, 3, 7, 8-TeBDF と2, 3, 7, 8-TeCDF はモルモットにおいて同程度の死亡率を示した。例えば、100% 死亡率が2, 3, 7, 8-TeBDF(0.03 μ mol/kg 体重、15.8 μ g/kg 体重)および2, 3, 7, 8-TeCDF(0.03 μ mol/kg 体重、10 μ g/kg 体重)の投与後にみられた。ラットに2, 3, 7, 8-TeBDD、100 μ g/kg 体重を単回投与後、前紫斑病性病変と甲状腺ホルモンの変化がみられた。

(2) 短期曝露

2, 3, 7, 8-TeBDDを13週間、経口的に投与したWistar系ラットにおいて、精子形成能の低下、精母細胞の欠損と壊死、重篤な肝臓紫斑病の徴候と血液中甲状腺ホルモン量および器官重量の変化がみられた。無毒性量(NOEL)は1日当たり0.01 μ g/kg体重であった。

2, 3, 7, 8-TeBDFをSprague-Dawley系ラットに4週間、経口的に投与すると、用量-依存的な発育遅延および肝臓と胸腺に組織病理学的変化を引き起こした。NOELは1日当たり1 μ g/kg体重であった。

(3) 発生毒性

母体への毒性および胎児死亡を引き起こさない用量のPBDDs/PBDFsの2, 3, 7, 8-置換体をマウスに皮下注射および経口投与した際に、発生毒性が現れた。妊娠マウスへの9単回経口曝露後、水腎症と口蓋裂を起こす最小影響量(LOELs)はそれぞれ、次の通りであった:2, 3, 7, 8-TeBDDについては3, 48 μ g/kg体重、2, 3, 7, 8-TeBDFについては25, 200 μ g/kg体重、2, 3, 4, 7, 8-PeBDFについては400, 2, 400 μ g/kg体重、1, 2, 3, 7, 8-PeBDFについては500, 3, 000-4, 000 μ g/kg体重。モル数で比較した際、2, 3, 7, 8-TeBDD と2, 3, 7, 8-TeCDD は水腎症の誘発においてほぼ同じ効力であった。重量で比較した際、水腎症と口蓋裂の誘発において、一般に臭素化異性体は塩素化異性体より僅かに作用が弱かった。しかし、2, 3, 7, 8-TeBDFは2, 3, 7, 8-TeCDFより活性が強かった。

(4) 変異原性及び関連するエンドポイント

PBDDs/PBDFsの変異原性、またはそれに関連するエンドポイントに関する情報は見あたらなかった。

(5) 癌原性

PBDDs/PBDFsに関する長期毒性および発がん性試験は入手されなかった。

TBDDを投与したマウスの腹腔マクロファージから、不死化細胞系が確立された。この細胞の腫瘍原性について調べるため、無胸腺ヌードマウスへの皮下注射を行ったところ、3週間後に腫瘍を生じた。

(6) 免疫毒性

一連の数種のPBDDsとPXDDs(テトラとペンタ体)を未成熟のWistar系雄ラットに腹腔内注射すると、注射して14日後に体重の減少を引き起こした。モル数によるED₅₀値に基づけば、試験した中で最も毒性の強い化合物は、2, 3, 7, 8の位置にだけ置換している

2, 3, 7, 8-TeBDD、2-Br₁-3, 7, 8-Cl₃-DD と2, 3-Br₂-7, 8-Cl₂-DD (TBCDD)であった。試験した他のPBDDsの相対的活性は2, 3, 7, 8->1, 2, 3, 7, 8->1, 2, 4, 7, 8->1, 3, 7, 8-の順であった。別の実験において、2, 3, 7, 8-TeCDDと2, 3, 7, 8-TeBDD間の体重減少、胸腺萎縮、および肝酵素誘導に関するED₅₀値(モル数に基づいて)の差異は僅かであった。

胸腺萎縮と他の免疫毒性の徴候(例えば、血液学的パラメータ、ある種のリンパ球亜群(subpopulation)の変化はラットにおいては数種のPBDDs/PXDDsと2, 3, 7, 8-TeBDFにみられ、マーモセットサルmarmoset monkey(*Callithrix jacchus*)においては2, 3, 7, 8-TeBDDとTBCDDでみられた。モル数に基づいた場合、ラットとサルにおける2, 3, 7, 8-TeBDDの効力は2, 3, 7, 8-TeCDDの効力に似ていると結論された。例えば、サルにおけるある種のリンパ球亜群に及ぼす著しい影響は2, 3, 7, 8-TeBDD、30ng/kg体重と2, 3, 7, 8-TeCDD、10 ng/kg体重の単回皮下注射後にみられた。PBDDs/PBDFsへの周産期曝露後の免疫毒性に及ぼす影響は調べられていない。

(7) 中間代謝に対する作用(ポルフィリン作用)

2, 3, 7, 8-TeBDDまたは2, 3, 7, 8-TeCDDをマウスに亜慢性的に強制経口投与した場合、肝ポルフィリン総量が用量-依存的に増加した。

(8) ビタミンA貯蔵に対する作用

2, 3, 7, 8-TeBDDと2, 3, 7, 8-TeCDDの単回経口投与後、ラットの肝臓中のビタミンAの濃度と総量の減少がみられ、2, 3, 7, 8-TeBDDの方が2, 3, 7, 8-TeCDDより作用が僅かに弱かった(モル数に基づいて)。

(9) 内分泌の相互作用

2, 3, 7, 8-置換の数種のテトラ-(Br₁Cl₃DDs, Br₂Cl₂DDs)およびペンタ-(Br₁Cl₄DD)ハロゲン化体は培養ヒト乳がん細胞を用いた試験において、2, 3, 7, 8-TeCDDと同様の抗エストロゲン作用を有することが判明した。

(10) 薬剤及び毒物との作用

ラットにおいて、2, 3, 7-TrBDDはウアバイン(強心配糖体)の血漿中からの消失、その胆汁への排泄、および胆汁流量を抑制し、その程度は2, 3, 7, 8-TeCDDより僅かに弱かった。

(11) ミクロソーム酵素の誘導

PBDDs/PBDFsとPXDDs/PXDFsはある種のシトクロムP-450(CYP)-依存性ミクロソーム酵素の強い誘導剤である。2, 3, 7, 8-TeBDD をラットに単回経口投与した場合の肝CYP 1A1 誘導のED₅₀ 値は0.8-1 nmol/kg体重であり、CYP1A2誘導については約0.2 nmol/kg体重であると推定された。CYP1A1 の 誘 導 (arylhydrocarbon hydroxylase[AHH] お よ び / ま た は ethoxy-resorufin-O-deethylase[EROD]の誘導)が、*in vivo*においては種々の動物種と組織で、*in vitro*においてはラットの培養細胞でみられた。多数の異性体がこの作用を有することが判明し、臭素系難燃剤の熱分解生成物にもこの作用が認められた。一般に、酵素誘導は毒性を示さない濃度で用量-依存的に起こり、曝露直後に始まり、長期間持続した。酵素誘導はpmolの範囲やより低い濃度の曝露で測定できた。誘導の強さは種々の同族体間で数桁に及ぶ差異がみられ、それらの化学構造に依存していた。最も強い誘導剤はTCDD、TBDD、とTBCDDであった。塩素化類似体と比較すると(モル数に基づいて)、PBDDsとPXDDsはほぼ同じ強さであった。相対的な誘導の強さが、試験した組織によらず同様のレベルであったTCDD とは異なり、TBDDはマウスへ亜慢性的に曝露した場合、皮膚と肺に比べて、肝臓におけるEROD 活性の誘導が5倍強かった。マーモセットサルにおけるEROD 活性の誘導の順位は、酵素活性を肝臓中濃度で比較した場合、TCDD > 2, 3, 4, 7, 8-PeCDF > 2, 3, 4, 7, 8-PeBDFであった。ラット培養細胞を用いた*in vitro*試験において、対応するPXDFsとPCDFsの間ではAHHとERODの誘導のモル数でのEC₅₀値は同じであった。

PBDDs/PBDFsの毒性はPCDDs/PCDFsおよび他の関連ハロゲン化芳香族炭化水素類と共通の作用機序に基づいていると考えられている。2, 3, 7, 8-TeCDD-様の毒性発現に中心的役割を演じている、細胞質ゾル中のAh 受容体との結合が、幾つかのPBDDsとPXDDs/PXDFsについて確かめられている。PBDDs/PBDFsの各異性体の受容体結合親和性には数桁の差異があったが、塩素化類似体の場合と同じであった。

(12) 特定のPBDDs/PBDFsに関する実験データ及び毒性等価係数(TEF)概念との関連性

現在、2, 3, 7, 8位の置換されたPBDDs/DFsについては、国際的同意の得られたTEFsはないが、利用できる毒性学データでは、2, 3, 7, 8-TeCDDより2, 3, 7, 8-TeBDDにやや低めの力価が報告されているが、動態の差(特に脂肪組織において2, 3, 7, 8-TeBDDの半減期が長いこと)から判断すれば、2, 3, 7, 8-TeBDDと2, 3, 7, 8-TeCDDに同じTEFsを使用することが妥当と考えられる。

また、別の一对の類似体の場合、2, 3, 7, 8-TeBDFについて、2, 3, 7, 8-TeCDFにあてはめたTEF(0.1)より大きいTEFを使用すること。モル基準では0.3、重量基準では0.2という数値が提案された。

(13) ヒトに対する影響

PBDDs/PBDFsのヒトへの曝露または一般の人々の健康に及ぼす影響に関するデータはない。

2, 3, 7, 8-TeBDD/TeCDDへの曝露による急性の健康問題に関する2 例の症例が報告されており、合成後に塩素座瘡、頭痛及び背部、脚の痛みを含む症状であった。

他の調査では、臭素系難燃剤(OBDE とDeBDE)の使用に起因するPBDDs/PBDFs への曝露履歴がある、化学工場の男性従業員が免疫学および他の臨床検査試験を受けた。免疫学的パラメータに軽微な変化が認められたが、彼らの健康状態の総合的評価では、免疫系に及ぼす2, 3, 7, 8-TeBDD/TeBDFの影響を明らかにすることは出来なかった。

PBDDs/PBDFsにより引き起こされるがんの死亡率に関する報告はない。

(14) 他の実験動物および野生生物に及ぼす影響

PBDDs/PBDFsの微生物、植物、または野生の無脊椎あるいは脊椎動物種に及ぼす影響に関する情報は限られたものだけである。

ニジマス (*Oncorhynchus mykiss*) の卵黄嚢を持つ稚魚を用いて、一連のPBDDs/PBDFs同族体を曝露し、ライフステージ初期の死亡率の上昇が認められた。この試験では、PBDDsとPBDFsの両者とも、臭素の置換数の増加で致死作用が低下することが分かった。2, 3, 7, 8-TeBDDと2, 3, 7, 8-TeBDFの両方とも、それらの塩素化類似体より作用が強かった。

(15) リスク評価

今日、利用可能な全情報から、PBDDs/PBDFsの生物学的（例：酵素誘導）および毒性学的な作用は、PCDDs/DFsにもたらされる作用ときわめて類似していると結論付けることができる。

2. 国内での毒性に関する報告（産業衛生学雑誌※）より

(1) 胎児および乳児への影響

臭素化ダイオキシン (2, 3, 7, 8-Tetrabromodibenzo-*p*-dioxin; TBDD) を妊娠期のラットに投与して、胎児や乳児への影響を検索した。

母ラットに経口投与された TeBDD は胎盤移行により、胎児には致死や奇形の誘発、胎盤移行と乳汁移行により、乳児の血液細胞や肝臓に影響をおよぼすことが示された。

(2) 肝臓への影響

臭素化ダイオキシン (2, 3, 7, 8-Tetrabromodibenzo-*p*-dioxin; TBDD) の単回経口投与によるラット肝臓への影響について検索した。TBDD の肝臓への影響は、病理組織学的所見、すなわち肝細胞の軽度な好塩基性化が雌雄とも、すでに投与後 2 日で最低用量群の 10 μ g/kg でも認められた。7 日、36 日と時間の経過に伴い、雌雄ともに肝臓への影響は、より強くなり、かつ雌への影響がより強く発現した。特に肝細胞の多核化や肝臓の基本的な構築から逸脱した配列異常の病理組織学的所見は、TBDD による特異的な傷害像であり、TBDD の肝臓への影響を評価する上で注目すべき現象と考えられた。

(3) 全身症状と造血系への影響

臭素化ダイオキシン (2, 3, 7, 8-Tetrabromodibenzo-*p*-dioxin; TBDD) の単回経口投与によるラットの全身状態と造血系への影響について検討した。TeBDD の単回経口投与によりラットの体重の著しい減少、胸腺の萎縮、自発運動量の減少など wasting syndrome が見られた。また、造血系への影響もみられ、死亡動物の脳、脊髄からの出血が直接的な死因になるものと考えられた。

(参考文献)

※竹内 哲也, 山本 静護, 奥田 裕計, 松本 道治, 大林 久雄, 長野 嘉介, 有藤 平八郎, 松島 泰次郎:

臭素化ダイオキシンによるラットの発生毒性-胎児および乳児への影響 (産業衛生学雑誌 Vol. 48 : 2006)

※大林 久雄, 山本 静護, 長野 嘉介, 松本 道治, 野口 忠, 山崎 一法, 妹尾 英樹, 竹内 哲也, 有藤 平八郎, 松島 泰次郎: 臭素化ダイオキシンによるラットの単回経口投与毒性-肝臓への影響 (産業衛生学雑誌 Vol. 48 : 2006)

※大林 久雄, 山本 静護, 長野 嘉介, 松本 道治, 野口 忠, 山崎 一法, 妹尾 英樹, 竹内 哲也, 有藤 平八郎, 松島 泰次郎: 臭素化ダイオキシンによるラットの単回経口投与毒性-全身症状と造血系への影響 (産業衛生学雑誌 Vol. 48 : 2006)

2-2 臭素系ダイオキシン類の発生源情報の収集・整理

今年度の基礎情報調査では、臭素系ダイオキシンインベントリー作成に向けて既存文献中の発生源情報について収集整理を行った。調査対象は、書籍、論文、雑誌記事、報告書、インターネットサイト等である。

書籍その他の印刷物については、「臭素化ダイオキシン」「臭素系ダイオキシン」「臭素」「PBDDs」「PBDFs」等をキーワードとし、国会図書館等蔵書目録やインターネットの検索を行った。

論文、雑誌記事、報告書等については、まず平成18年度までの「臭素系ダイオキシン類排出実態等調査結果報告書」の結果を整理した。つぎに平成18年度「臭素系ダイオキシン類排出実態等調査結果報告書」の基礎情報調査で検索された文献の中から発生源について言及している文献を抜き出した。平成18年度報告書以降の論文等については、JDream（日本科学技術情報センターが開発したオンライン情報検索システム）検索および環境化学討論会、廃棄物学会誌を対象に調査を行った。

インターネットサイトについては、臭素系難燃剤について、臭素科学・環境フォーラム <http://www.bsef-japan.com/index/> および、日本難燃剤協会 <http://www.frcj.jp/> のページから情報収集を行った。

(1) 書籍

- 1) 『環境保健クライテリア No.205』 Environmental Health Criteria No.205 ,199

1.2 生成およびヒトと環境の暴露源

PBDDs/PBDFs が天然に存在していることは知られていない。これらを意図的に生産することではなく（研究目的を除いて）、種々の過程において望まれない副産物として生成する。これらの化合物は、化学的、光化学的または熱反応によって前駆物質から生成し、いわゆるデノボ *de novo* 合成によって生成される。

PBDDs/PBDFs は臭素化有機化学品（例えば、ブロモフェノール類）および特に、ポリ臭素化ジフェニルエーテル類（PBDEs）、デカブロモビフェニル（decaBB, DBB）、1,2-ビス（トリブロモフェノキシ）エタン、テトラブロモビスフェノールA（TBBPA）、およびその他の難燃剤に汚染物質として確認されている。これらはある種のブロモフェノール類とブロモアニリン類の蒸留残渣、および化学実験室の廃棄物中に検出されている。

PBDFs および、少量ではあるがPBDDs は、PBDEs とブロモフェノール類のような臭素化有機化学品の光化学的分解生成物として検出されている。

実験室における熱分解実験では、ブロモフェノール類、PBDEs、ポリ臭素化ビフェニル類（PBBs）およびその他の臭素化難燃剤（純品、またはポリマーマトリックス中）からPBDDs/PBDFs の生成を示した。収量の範囲は、ゼロから最大値（PBDEs から得られた値）が g/kg の範囲と広がった。一般に、PBDFs はPBDDs より多かった。一連の純品の難燃剤の至適なPBDF 生成温度は600-900℃ の範囲であった。ポリマーまたは相乗剤（例えば、Sb₂O₃）の存在下では至適生成温度が低くなった（400℃ に低下）。温度およびポリマーマトリックスまたは相乗剤の存在の他に、金属類、金属酸化物、水、酸素および使用した燃焼装置の型式のような他の幾つかの因子がPBDDs/PBDFs の収量と生成パターンに影響を及ぼした。PBDE、ポリマーマトリックスとSb₂O₃ の3つを混合した場合、テトラブロモジベンゾフラン類（tetraBDFs、またはTeBDFs）はしばしば最も多く生成する同族体グループであった。2,3,7,8-置換PBDDs/PBDFs（テトラからヘプタまで）が種々の濃度で認められた；例えば、2,3,7,8-TeBDF はオクタブロモジフェニルエーテル（octaBDE またはOBDE）を含むポリマーの熱分解生成物中では2,000 mg/kg までに達することが判明した。

プラスチック製造において、温度の上昇（150-300℃）が幾つかの工程で起こる。種々の臭

素化難燃剤を含むポリマー — アクリロニトリル-ブタジエン-スチレン (ABS) とポリブチレンテレフタル酸エステル (PBT) のような — を加工する装置からの排出気流に関する調査では、PBDDs/PBDFs (ジからオクタまで) がこれらの温度で生成し得ることが示された。OBDE とデカブロモジフェニルエーテル (decaBDE またはDBDE) は最高量のPBDDs/PBDFs を生成し、その大部分はPBDFs であった。TBBPA またはビス-テトラブロモフタルイミドエチレン (TBPI) について認められた濃度は数桁低かった。臭素化スチレンまたは1,2-ビス(トリブロモフェノキシ)エタンで難燃処理したABS の加工過程でPBDDs/PBDFs は検出されなかった。2,3,7,8-置換同族体は測定されなかったり (DBDE の加工処理中)、痕跡量が検出されたり (OBDE の加工処理中)、検出されなかった (TBBPA とTBPI の加工処理中)。

幾つかの加工処理段階で、種々のプラスチック材料についてPBDDs/PBDFs を分析した。分析試料には、難燃添加剤が判明している(顆粒状の)樹脂類と型に入れて成型した部品だけでなく、難燃添加剤が不明の市販の電気器機(テレビ受像機、プリンター、コンピューター)からの試料が含まれていた。PBDDs/PBDFs の最高濃度はPBDEs で難燃処理した材料にみられ、数千 $\mu\text{g/kg}$ の範囲であり、他の難燃剤/ポリマー系の濃度を数桁上回っていた。生成の程度に影響を及ぼす因子は温度と、混合、押し出し、成形等の処理時間である。幾つかの例外はあるが、PBDFs がPBDDs よりも多く、臭素置換数の多い誘導体(テトラ)が主要であった。最高濃度はペンタブロモジベンゾフラン類 (pentaBDFs またはPeBDFs) とヘキサブロモジベンゾフラン類 (hexaBDFs またはHxBDFs) でみられた。hexaBDFs は外被部品casing parts で3,000 $\mu\text{g/kg}$ と高い濃度に達した。プリント回路基盤は最高濃度がそれぞれ、1,300 $\mu\text{g/kg}$ と1,400 $\mu\text{g/kg}$ のtetra-およびpenta-BDFs を含んでいた。総PBDF (モノからヘキサまで) 濃度は3.6-3,430 $\mu\text{g/kg}$ の範囲であった。2,3,7,8-置換PBDDs/PBDFs は測定されなかったか、検出されなかったか、比較的低濃度であった。外被部品またはプリント回路基盤中の2,3,7,8-置換PBDFs (テトラからヘキサまで) の最高濃度は11 $\mu\text{g/kg}$ (テトラ) から203 $\mu\text{g/kg}$ (ヘキサ) の範囲であった。

PBDFs が使用中のテレビ受像機または類似の装置から放出されるかどうかを決める実験で、空气中濃度は、検出されない濃度から装置1台当たり総PBDFs 1,800 pg (テトラからヘキサまで) の範囲であった。

臭素化物を含む製品の燃焼で、PBDDs/PBDFs が排出された。テレビ受像機、プリンター、コンピューター端末のような電気器具とそれらの外被の実際の火災時の条件をシミュレートするための実験的火災試験において、燃焼残渣 (数千 mg/kg)、煙凝縮物 (数百 $\mu\text{g/m}^2$) および煙 (1,700 $\mu\text{g/m}^3$ まで) に高濃度のPBDF (モノからヘキサまで) が検出された。PBDD濃度は検出されたPBDDs/PBDFs 濃度の約3%に達した。2,3,7,8-置換の異性体は一般には総tetraBDFs の3%以下であった。2,3,7,8-置換penta-およびhexa-BDFs は相当する総量の1%と16%の間の生成量であった。試験自動車の燃焼では、PBDF (モノからオクタまで) の燃焼残渣中濃度が4.3 $\mu\text{g/kg}$ までに達した。

個人住宅(テレビ受像機を含む)、事務所(コンピューターを含む)および他の建物の実際の火災の際、測定された濃度は大部分の例において、上記のモデル実験においてみられた値以下であったが、試料中の定性的組成は同じであった。PBDFs は殆んど全ての試料中に検出されたが、PBDDs は検出されないこともあり、検出されてもそれらの濃度は低かった。燃焼残渣中のPBDF 濃度は主として $\mu\text{g/kg}$ の範囲(低濃度から高濃度まで)にあったが、一例における最大値(モノからヘキサまでの合計)が107 mg/kg に達した場合もあった。火災発生場所に近接した地域におけるPBDF (モノからヘキサまで) の汚染濃度は多くの場合、0.1~13 $\mu\text{g/m}^2$ の範囲であった。さらに、それに相当する濃度のPXDDs/PXDFs も検出された。2,3,7,8-置換PBDDs/PBDFs の比率は試験した大部分の試料中で比較的低かった。例えば、tetra-, penta-またはhexa-BDFs の対応する総量のそれぞれ3, 10, または18%の最大の比率がテレビ受像機

の火災事故で報告された。コンピューター室の火災後に採取された煤の試料には2, 3, 7, 8-置換テトラ- およびペンタブロモ-ジベンゾ-p-ジオキシン類(tetra/pentaBDDs あるいは TeBDD/PeBDD) とtetra- およびpenta-BDFs を含み、2, 3, 7, 8-TeBDF (TBDF) の最大濃度は48 $\mu\text{g/kg}$ であった。

PXDDs は木材ボイラーの灰中に検出されたが、木材の種類(化学物質処理の有無)は特定されていなかった。石炭、泥炭、または燃料油のような他の燃料の焼却に関するデータは入手できなかった。PBDDs/PBDFs および/またはPXDDs/PXDFs が地方自治体、病院あるいは有害廃棄物の焼却炉の飛散灰や煙道ガス中に存在していることが報告されている。これらの化合物の大部分は、火炎の中の高温で前駆物質から生成するか、または焼却炉の主燃焼後続域での低温におけるデノボ合成により、焼却炉自体の中でおそらく生成される。PXDDs/PXDFs の生成は、幾つかの試験条件下でみられた激しい臭素-塩素交換反応(廃棄物中の塩素供与体との)により説明される。焼却炉の飛散灰で測定されたPBDDs/PBDFs とPXDDs/ PXDFs の量は ng/kg から $\mu\text{g/kg}$ の範囲であった。多くの場合、ジベンゾ-p-ジオキシン類の濃度はジベンゾフラン類の濃度を上回り、PXDDs/PXDFs はPBDDs/PBDFs より多かった。2, 3, 7, 8-置換同族体の中で、混合したテトラハロゲン化ジベンゾ-p-ジオキシン(tetraXDD または TeXDD) ($\text{Br}_2\text{Cl}_2\text{DD}$) が検出された。

ある廃棄物処理場の廃棄物試料の分析で、数百から数千 ng/kg 乾燥重量の濃度で、PBDDs/PBDFs とPXDDs/PXDFs が存在することが示された。ジベンゾ-p-ジオキシン類の濃度(580 ng/kg まで)はジベンゾフラン類の濃度(4, 230 ng/kg まで)より低かった。一般に、同族体の特徴はハロゲン置換数の少ない誘導体(モノからテトラまで)が多くを占めていた。化学実験室の廃棄物にはPBDDs/PBDFs を含み、hexaBDFs の最高濃度は15, 500 ng/kg であった。

PBDDs/PBDFs は幾つかのリサイクル段階を経たプラスチック材料(金属類が含まれていても、いなくとも)中に存在していた。それらの試料は主に、事務用機器、プリント回路基盤、およびその他の電子機器廃物に由来していた。ある場合には、2, 3, 7, 8-置換の8 種の選出されたPBDD/ PBDF 同族体の総濃度が65 $\mu\text{g/kg}$ にも達した。金属の再生利用もPBDDs および/またはPXDDs/PXDFs の発生源であることが判明した。PBDDs/PBDFs は、臭素化難燃剤を使用している織物工場においても検出されている。PBDFs は工場の排気、処理前後の織物、および煙突の沈着物中に見出された。

PBDDs/PBDFs とPXDDs/PXDFs (PCDDs/PCDFs と共に)は鉛添加ガソリンを使用している自動車の排気ガス、還元触媒の設置の有無に関わらず、無鉛ガソリンを使用している自動車の排気ガス、とディーゼルエンジン車の排気ガス中に検出されている。鉛添加ガソリンに使用されている臭素化および塩素化スカベンジャー(scavenger) (ジブロモ-およびジクロロエタン)のため、最高濃度のPHDDs/PHDFs (数千 ng/m_3)がこの種のガソリンの燃焼時に検出された。無鉛ガソリンはPHDDs/PHDFs の排出量がかなり低かった(約2 桁低い)。触媒的ガスの清浄後にはさらに減少した。ディーゼルエンジンについての値は無鉛ガソリンを使用したオットー式モーターOtto motor (スパーク点火式エンジン)よりはやや高かった。鉛添加ガソリンの燃焼によって生じる排気ガス中では、PBDDs/PBDFs がPXDDs/PXDFs およびPCDDs/PCDFs より多かった。一般に、ジベンゾフラン類の濃度はジベンゾ-p-ジオキシン類の濃度を上回り、置換数の少ない同族体(モノからトリまで)が多かった。同様なパターンはマフラーに付着した残留物においてもみられた。

2) 『ダイオキシン』 Karlheinz Ballschmiter・Reiner Bacher 著 pp. 247-248

【監訳代表】清水 剛夫, 1999, エヌ・ティー・エス

臭素系ダイオキシン生成に関する箇所を以下に引用する。

第8章ダイオキシンの存在状態

第2節 ハロゲン化物の工業プロセス

9. 臭素系難燃剤

各種の臭素化芳香族化合物は、プラスチック材料や繊維製品のような工業製品における難燃剤として使用するために大量に製造された。この物質群のうちのいくつかの重要な代表的物質の構造を図8-5に示した。難燃処理された材料の中の臭素系難燃剤の割合は20% (重量) にのぼる。その作用は、熱分解の際に遊離する臭素ラジカルに基づいており、そのラジカルはさらにヒドロキシラジカルや水素ラジカルのような反応性化学種の不活性化をもたらす。後者の物質は、燃焼の化学において重要な役割を持つ。

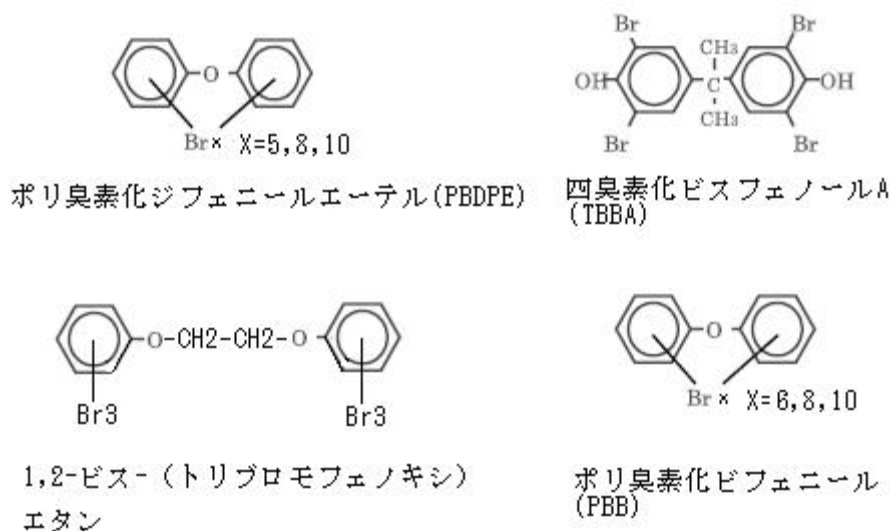


図8-5 一般に使用されているいくつかの臭素系難燃剤の構造

この何年かの間に、臭素系難燃剤とそれで処理された材料とのPBDDおよびPBDF残留分が調査された〔文献箇所：PBDD/PBDF発生源としての臭素系難燃剤〕。その際、使用された難燃剤の種類と調査資料の加熱前処理によっては、部分的にPBDDおよびPBDFによる非常に高い汚染が確認された。これらの試料のほとんどの場合、PBDDに比べてPBDFははるかに優勢であった。

またこれらの研究では、工業用難燃剤の中にすでに存在している少量のPBDDおよびPBDF残留分が確認されるとともに、加熱処理の温度と時間の増加につれて含有量の上昇が見られた (表8-7参照)。例えば難燃プラスチックの製造の場合のように、通常300℃までの温度でいわゆる押し出し成形機によって行われるプロセスの際に、それまでに存在していた汚染度が激しく増大することが観察されている [Donnelly et al. 1989, Brenner/Knies 1990]。

表 工業用デカブロムジフェニルエーテル (DBDPE) , DBDPEによる難燃性製品およびそれで処理された各種ポリブチレンテレフタレート (PBT) プラスチック材料の中のPBDF含有量 (μg/kg)

[Donnelly et al. 1989]

試料の種類	製造	Br ₄ DF	Br ₅ DF	Br ₆ DF	Br ₇ DF	Br ₈ DF
工業用DBDPE	市販されている	n. n.	n. n.	2. 3	250	34
DBDPEによる難燃剤製剤品a)	150℃で	23	107	3470	2700	580
PBT-プラスチックメーカー1 b) (3試料)	押し出し成形機250℃	14～26	65～109	230～250	500～980	410～1600
PBT-プラスチックメーカー2 c) (2試料)	押し出し成形機 254℃, 23秒	5. 2～9. 7	61～130	620～1600	2300～3800	2400～4100
PBT-プラスチックメーカー2 c) (3試料)	押し出し成形機 254℃, 10分	1020～2590	68200～82800	272000～708000	72500～108000	n. n.
PBT-プラスチックメーカー1 b)	熱分解, 400℃, 10分	1405000	1101000	252000	43000	2800

a) 難燃剤：デカブロムジフェニールエーテルDBDPE (58%), および添加された助剤、酸化アンチモン (Ⅲ) (29%) およびエチレンビニルアセタート共重合体(13%)

b) 難燃剤a) で処理したポリブチレンテレフタレート (PBT) ープラスチック素材, DBDPE含有量は約 7 %

c) 難燃剤a) で処理したポリブチレンテレフタレート (PBT) ープラスチック素材, DBDPE含有量は約6. 5%

臭素系難燃剤からのPBDDおよびPBDFの高い生成率は、主としてそれらの化合物の構造に原因がある。

すなわちポリブロムジフェニールエーテル (PBDPE) やポリブロムビフェニル (PBB) のような物質は、PBDFの熱生成における直接の前駆体分子である。その他の臭素系難燃剤においても、PBDDおよびPBDFは熱分解の条件下でも非常に安定した物質である。したがって、主としてそれらの化合物の火災その他の燃焼プロセスの場合には（例えば難燃性の回路基板から熱分解による貴金属回収），PBDD/PBDFの遊離による著しい危険のポテンシャルが存在する。さらにごみ焼却の場合の臭素化物質は主に、プラスチックの廃棄物中に存在する難燃剤に由来すると考えられる。

3) 食品安全性セミナー (6) ダイオキシン類

阿久津 和彦、堀 伸二郎、桑原 克義、渡辺 功著, 2002, 中央法規出版 Pp. 116-121

臭素系ダイオキシン生成に関する箇所を以下に引用する。

第5章 臭素系ダイオキシン類

2 生成

臭素系ダイオキシン類は自然界には存在せず、臭素系難燃剤を含む臭素化合物の非意図的生成物として、化学的、光化学的、または熱的反応の結果 (de novo合成含む) により生成されることが考えられている。

臭素化合物の副生成物

PBDDs/PBDFsは臭素化合物、特に臭素系難燃剤の不純物として存在する。ポリ臭化フェノール (PBPs)、PBDEs、PBBs、1,2-ビス (トリブロモフェノキシ) エタン、テトラブロモビスフェノールA (TBBPA) 及びその誘導体等に副生成物として検出されている。検出レベルはND~ $\mu\text{g/kg}$ と様々で、最大濃度は、4~6 臭素化のPBDEs製品から8,000 $\mu\text{g/kg}$ のPBDFs、1,2-ビス (トリブロモフェノキシ) エタンから8,500 $\mu\text{g/kg}$ のPBDDsが検出されている。

加熱・焼却による生成

a) 臭素化ダイオキシン類の生成

臭素化合物、特に臭素系難燃剤の加熱・燃焼時の化学反応が、PBDDs/PBDFsの発生の主たるプロセスと考えられる。実験室での臭素系難燃剤及び臭素系難燃剤添加ポリマーの加熱では、PBDDs/PBDFsの生成量や種類は、難燃剤の種類、加熱温度、ポリマーの種類またはポリマーに添加される共重合体の有無、燃焼装置等により、実に様々でゼロから g/kg (難燃剤に対して) まで報告されている。1例として、3種のPBDEsを単独で石英チューブに入れて510~630℃で加熱した結果、PBDDs/PBDFs (1~8 臭素化体) が生成し、その量は最高で10% (元のPBDEに対して) に達したと報告されている。一般的に、生成する臭素化ダイオキシン類については、PBDFsが主成分でありPBDDsは微量成分であること、2,3,7,8-置換異性体は微量成分であること、ポリマーに添加した場合ではPBDDs/PBDFsの最適生成温度は難燃剤単独の場合 (600~900℃) に比べ低くなること (約400℃)、またPBDEsやブロモフェノール類は他の難燃剤に比べ生成量が多いこと等が報告されている。図5-2に代表的な臭素系難燃剤の一つであるDecaBDEからのPBDDsおよびPBDFs生成機構例を示す (引用者注: 図省略)。

臭素系難燃剤を含むプラスチックの加熱・焼却によるPBDDs/PBDFs発生及び環境放出の可能性としては、(1) 臭素系難燃剤の製造過程での生成、(2) ポリマー樹脂の押出や射出形成過程、(3) 難燃化製品使用時の温度上昇におけるガス化、(4) 家屋やビル火災に伴う難燃化製品の燃焼、(5) 都市ゴミや産業廃棄物焼却炉における焼却が考えられている。各過程での発生に関して数多くの報告が行われているが、生成するPBDDs/PBDFs量は、加熱あるいは燃焼条件に大きく左右されること等が報告されているがこの点について、臭素系難燃剤樹脂の押出成形時における通常の条件と悪条件や極端な条件下 (例: より高温の長時間周期等) で実験を行い、悪条件下等では通常の条件下に比べ1桁以上高濃度のPBDFsが発生する場合があると報告されている。

また、電気機器 (プリンター、テレビやコンピュータ等やそのケーシング類) における模擬火災実験 (最悪の条件を想定) 及び実際の電気機器火災でのPBDDs/PBDFs発生量調査の例では、模擬火災実験での焼却残渣から1~6 臭素化のPBDDs/PBDFs (PBDFs主成分) を1~1,930ppmのレベルで検出した。また、プラスチック製ケース部分の燃焼残渣からの検出量は8700ppmに

も達した。しかしながら、実際のテレビ機器火災時の残渣は、1例のみ模擬火災実験での値に匹敵する107ppmを検出したが、その他は、非常に低いレベル（最高235ppbで模擬火災の30,000倍以下）であった。したがって実際の加熱や火災によるPBDDs/PBDFs発生量は燃焼条件により大きく異なることは明らかである。

わが国でも、難燃化製品中のPBDDs/PBDFsを調査した結果が酒井により報告されている。PBDEsを含有したポリエチレン樹脂中には約3,000ng/gのPBDDs/PBDFsを検出し、またTBBBPAを含有したABS樹脂中では約0.6ng/g検出している。さらに、廃テレビケーシング材及び廃テレビプリント基板から、それぞれ、3,000～6,000ng/g及び38,000～130,000ng/gのPBDDs/PBDFsが検出されている。

b) 臭素・塩素化ダイオキシン類の発生

PXDDs/PXDFsの生成も、PBDDs/PBDFsの生成と同様、有機臭素系難燃剤などの臭素化合物の焼却によるプロセスが主たる生成過程と考えられる。都市ごみ焼却施設や医療廃棄物焼却施設等の飛灰や排ガス、また、廃棄物処分場等の焼却関連試料から、PXDDs/PXDFsがPBDDs/PBDFsとともに検出されている。PXDDs/PXDFsには臭素および塩素が複数置換し理論的にはそれぞれ28種類の同族体が存在するが、多くの場合、1臭素化・ポリ塩素化ダイオキシン類（MoBPCDDs/MoBPCDFs）が主成分と報告されている。また、2臭素・ポリ塩素化ダイオキシン類

（DiBPCDDs/DiBPCDFs）の存在も指摘されている。台湾における金属資源回収工場周辺で電気製品を野焼きした残灰を多量に含む土壌からは、PCDFs（3～8塩素化体）及びPBDFs（3～6臭素化体）とともに、17種類のPXDFs同族体（1～5臭素・多塩素化体）が検出され、数多くの多臭素・多塩素化PXDFsが実際に生成することが認められている。・・・

c) 臭素系ダイオキシン類の発生機構の予測

熱分解における臭素系ダイオキシン類の生成機構に関し、PBDDs/PBDFsはPBDEs等の有機臭素系難燃剤より生成することは前述のとおりである。一方PXDDs/PXDFsに関しては、生成したPBDDs/PBDFsの熱分解時における臭素に対する塩素置換、また燃焼時における臭素と塩素の競合反応によりde novo合成（有機化合物、木材、石炭、コークスの不完全燃焼による化学反応において、炭素、水素、酸素、酸素、塩素、ないし臭素という関連元素からの連鎖的な合成）によっても生成するものと推測される。図5-4に推測されるPBDEsからのPBDDs/PBDFs及びPXDDs/PXDFsの生成機構を示す（引用者注：図省略）。PBDEsが不完全な状態で燃焼されると、PBDFsを主成分とする臭素化ダイオキシン類が生成される。生成したPBDDs/PBDFsの一部はその臭素が焼却中に大量の塩素によって置換され、PXDDs/PXDFsを生成し、最終的にはPCDDs/PCDFsに至るものと推測される。しかし、PBDEsは、十分な燃焼条件下では、臭素にまで分解され、燃焼中に塩素と競合し、de novo合成によりPXDDs/PXDFsを生成するのではないかと考えられる。したがって、生成するPXDDs/PXDFsの種類や量は、存在する臭素および塩素供給源、また、臭素系難燃剤の種類や量、燃焼条件により大きく変化するものと考えられる。

Soderstromらは、実験焼却炉を用いて臭素系難燃剤を臭素源として加えたゴミの焼却試験を行い、生成した4置換体のPHDDs/PHDFsについて調べている。塩素源のみのときはTeCDDs/TeCDFsが、臭素源のみのときはTeBDDs/TeBDFsが臭素および塩素源が同程度の時は1～3臭素化のPXDDs/PXDFs（2臭素化体が主）が主成分であり、また臭素は塩素より強い反応を示す結果を得たと報告している。また、酒井は臭素系難燃剤を含む廃棄物試料（廃テレビのケーシング材とプリント）を用いてラボスケール炉による焼却試験を行い、PBDDs/PBDFs等の排ガスや焼却残渣への移行率を調査している。その結果、炉内に流入したPBDEsやPBDDs/PBDFsは大半が炉内で分解されていることを認めている。これに対し、PXDDs/PXDFsは、PCDDs/PCDFsと同様な挙動を示し、総流出量が総流入量を上回り炉内での生成を確認し、炉内での挙動がPBDDs/PBDFsと異なることを認めている。

光化学反応による生成

PBDDs/PBDFsは、PBBs、PBDEs及びPBP等臭素系難燃剤から光化学反応によっても生成する。有機溶剤に溶かしたDecaBDEの太陽光照射実験では、低臭素化のPBDEs及び1～6臭素化のPBDFsの生成が認められている。また、PBDEsを含むポリウレタンフォームの燃え殻を太陽光で照射した結果、燃え残りのPBDEsからと推測されるPBDDs/PBDFsの生成が認められている。実際の環境中での光分解によるPBDEsからPBDDs/PBDFsの生成に関してはさらに検討が必要である。

自動車排ガス

自動車排ガスは、PCDDs/PCDFsの発生源の一つとされているが、PXDDs/PXDFsやPBDDs/PBDFs発生源の一つでもある。有鉛ガソリンにはスカベンジャーとしてジブロモエタンやジクロロエタン等を用いていたが、これらがハロゲン化ダイオキシン類の臭素および塩素源となり、エンジン内での燃焼によりPHDDs/PHDFsの生成に至っている。有鉛ガソリン車の排ガスからは、無鉛ガソリン車より有意に高濃度のPBDDs/PBDFs、PXDDs/PXDFs及びPCDDs/PCDFsが検出されている。なお、生成するPHDDs/PHDFsの主成分はPHDFsであり、PHDDsは微小成分であった。

(2) 論文・報告書・雑誌記事等

1) 平成18年度臭素系ダイオキシン類排出実態調査報告書以降の文献および平成18年度報告書未記載の文献

a) 廃棄物学会誌、廃棄物学会論文誌

①著者名 酒井伸一

文献名 廃棄物学会誌, Vol. 11, No. 3, pp. 210-222, 2000

論文名 有機臭素系のダイオキシン類緑化合物 ——難燃材料における存在と制御方を中心に——

【要 旨】 ポリ臭化ダイオキシン類 (PBDDs/DFs) の物理化学特性, 毒性, 環境挙動の概要から, 難燃剤に含有されるダイオキシン類, 焼却過程の熔融過程の挙動について報告し, ポリ臭化ジフェニルエーテル (PBDEs) に関する研究動向と課題を指摘した。これまでの知見からは, ポリ塩化ダイオキシン類 (PCDDs/DFs) に比べて環境中の分解は一般に早い傾向を示すものの, 毒性的にはより慎重な立場でポリ塩化ダイオキシン類と同等と見るべきとの見解が多い。ポリ臭化ジフェニルエーテルを添加した樹脂に含まれる PBDDs/DFs 濃度は総じて高く, ppm レベルであるものが多い。PBDDs/DFs を含む樹脂や廃製品に対して, 適正な焼却処理を行った場合, 90%程度の分解率は期待できる。一方, 焼却や廃ガス処理過程の副生成も考えられる。焼却残渣には依然ダイオキシン類を ppm レベルで含むことがあり, こうした残渣や難燃化プラスチックに対しての熔融処理は有効といえる。そして, ヒト母乳でポリ臭化ジフェニルエーテルが急増している事実を鑑み, そのヒトへの曝露経路の特定と制御ポイントの検討が急がれる。

②太 田 壮 一

文献名 廃棄物学会誌, Vol. 12, No. 6, pp. 363-375, 2001

論文名 有機臭素系化合物の環境影響——わが国のPBDEsの環境汚染実態を中心に——

【要 旨】 日本の臭素系難燃材の需要動向, ポリ臭化ジフェニルエーテル (PBDEs) の物理化学特性, 毒性およびわが国の PBDEs による汚染実態について紹介し, 今後の臭素系難燃材による環境汚染の問題点について指摘した。わが国の PBDEs の需要動向としては 1990 年の 12,000ton の最大需要量を境に経年的に減少傾向を示し, 2000 年には需要量は 2,800ton であった。物理化学特性としては, 本化合物は光分解し易いものの, 環境中ではその半減期はかなり異なっていると推定される。毒性は, PBDEs の現在の曝露レベルでは, ヒトに対する急性毒性 (LD50), 発ガン性, 免疫毒性および催奇性は低い。ただし, 新生仔ラットに PentaBDE (BDE71) を投与した場合, 母獣と比較して血清中の顕著な T4 レベルの減少が観察された。そして, その無作用量 (NOEL) は 1mg/kg/日であると推定された。長期保存魚であるスズキとボラの歴史的トレンド分析の結果から, わが国の PBDEs の環境汚染は, 1990 年以降から低下しており, 人体汚染 (母乳) に関しても欧米のそれと比較して軽度な汚染であることが観察された。
キーワード: ポリ臭化ジフェニルエーテル, PBDEs, 臭素系難燃材, 光分解, PXDDs/DFs (X=C1, Br)

b) 平成18年度報告書以降の新たな文献検索

平成18年度報告書以後の最新文献について、JDream（日本科学技術情報センターが開発したオンライン情報検索システム）, ダイオキシン国際会議, 環境化学討論会, 廃棄物学会並びに各種セミナー及び研究報告等の情報について収集を行った。臭素系ダイオキシンの発生源・発生過程について新たな記述は見つからなかった。

3) インターネット

臭素科学・環境フォーラム <http://www.bsef-japan.com/index/> および、日本難燃剤協会 <http://www.frcj.jp/> のインターネット・ページに臭素系ダイオキシンについての記述がみられた。

① 臭素科学・環境フォーラム

3) インターネット

①臭素科学・環境フォーラム

臭素化学・環境フォーラムのページから関連記述を以下に抜粋する。

(抜粋)

FAQ

Q1. 難燃剤はどんなところに使われていますか？

A1. わたしたちの暮らしのさまざまなところに難燃剤が使われています。テレビのキャビネット、カーテンやソファ、壁紙、パソコンやコピー機などのプリント基板、いずれも身近なものばかりです。デザイン性のために、あるいは小型軽量化のために使用されるプラスチック、公共施設の家具類などのうち、火災リスクの高い製品の材料に、難燃剤は混合されています。これからお話する臭素系難燃剤はおもにプラスチックに混合されているものです。添加物の一種と考えることができます。

Q9. 臭素化合物はどんなものに使われているのか？

A9. 臭素は化合物（臭化物）としてさまざまな領域で利用されています。たとえば臭化ナトリウム、臭化銀は印画紙などの写真材料に、臭化メチルは燻蒸して殺菌・殺虫剤として、水銀臭化物は照明器具（紫外線ランプなど）に使われています。臭素化合物はほかにも香料、染料、パーマネント液、医薬品などに幅広く使用され、わたしたちの暮らしに密接な係わりをもって

います。鎮痛剤、鎮静剤、抗ヒスタミン剤などのおなじみの医薬品も、臭素が原料として使われています。日常あまり意識されていませんが、それらとならんで利用されているのが難燃剤としての臭素化合物です。わたしたちは臭素化合物によって火災安全性を増したさまざまな製品を日常的に使用しているのです。臭素系難燃剤は現在 75 種類あり、用途によって使い分けられます。BFR (Brominated Flame Retardants) というのはそれらの総称です。今後も継続して生産販売される BFR は Deca-BDE、HBCD、TBBPA やその派生製品の TBBA オリゴマー、多ベンゼン環化合物などです。

Q10. テレビやパソコンに使われる難燃剤とは？

A10. 臭素系難燃剤はその 50%以上が電子機器、家電製品に使われています。身近なところではテレビやパソコンのキャビネットです。これらの機器は長時間使用すると温度が上がります。また使用期間が長ければ内部に塵が積もります。延焼ばかりでなくショートなどの事故により発火源となる危険性も高いのです。臭素系難燃剤はキャビネットだけでなくプリント基板にも使われ、現在そのほとんどが臭素系難燃剤 (TBBPA) 含有樹脂になっています。テレビやパソコンはもちろん、洗濯機や冷蔵庫、電気釜などにもプリント基板は入っています。電線やケーブル材も臭素系難燃剤の主要用途です。プラスチック絶縁材に使われ、引火や火災の拡大を抑える役目を果たしています。

また、インテリア製品の難燃化にも使われています。

難燃剤はソファ、マットレスのカバー布地、ポリウレタン・フォームなどにも使用されています。いずれもそのままでは燃えやすい素材です。臭素系難燃剤は主に劇場やレストラン、ホテル、また鉄道などの輸送機関の火災安全性を高める大切な役割を担っています。

Q15 臭素化ダイオキシン類の検証は？

最近の焼却施設からは塩素化ダイオキシンがほとんど発生していないことが確認されています。同様に臭素化ダイオキシンについても、近代的設備の焼却施設からは発生していないことが多くの実験、実証テストで証明されました。難燃剤として使用された PBDE が焼却や埋立によって環境に放散し、それが人体に取り込まれたと考えられることから、EU は RoHS (ローズ) 指令のほか 76/769/EEC 指令によって商用 Penta-BDE および Octa-BDE の 2004 年以降の使用を禁止しました。また RoHS 指令によって 2006 年以降の使用が禁止されています。

Q22. 化審法の改正

2003 年 5 月、日本の化審法は大幅に改正されました。そのねらいは

- 1) 動植物への影響に着目した審査・規制
- 2) 難分解・高蓄積性の既存化学物質に関する規制
- 3) 環境放出可能性に着目した審査制度
- 4) 有害性情報の報告義務
- 5) その他 (物質名称の公示時期、罰則強化等)

にあります。特に注目すべき点は、難分解・高蓄積性の既存化学物質への規制が新たに追加され、国際的な化学物質規制の動向と同一歩調をとる体制を整えたことです。これまでも日本の化審法は世界で最も進んだ実績を挙げており、臭素系化合物に関しては PBB、Penta-BDE、Octa-BDE、HBCD などの分解性・蓄積性について点検公表されました。その結果、難分解・高蓄積性などの物質は科学的判断が 90 年代には終了し、業界に対しても適切な指導がなされてきました。今回の改正では環境中への暴露に着目した関係業界による自主的なエミッション削減活動などの評価も盛り込まれることになりました。

次の頁に 主な臭素系難燃剤の科学的な評価と法的な規制について整理しました。

主な臭素系難燃剤の科学的な評価と法的な規制

分 類	化学物質名 ()臭素数	CAS No.	日本年間 使用量 [※] (トン)	安全性点検		初期リスク評価(日本)				EUリスクアセスメント		EUでは	
				分解性	蓄積性	経済産業省		環境省		生態リスク	健康リスク	使用制限	リサイクル
						生態リスク	健康リスク	生態リスク	健康リスク				
PBB	ポリブロモジフェニル(2~5)	13654-09-6 など	0	良	高	—	—	—	—	—	—	RoHS指令 & 46/769/EEC	—
PBDE	ペンタブロモジフェニルエーテル (5)	32534-81-9 など	0	難	中	—	—	—	—	蓄積性が高く健康リスクの 不確実性が高い (2008年生産中止予定)		WEEE指令 により 臭素系難燃剤 含有樹脂 分離処理	—
	オクタブロモジフェニルエーテル(8) (9)	32536-52-0 など	0	難	低	—	—	—	—				
	デカブロモジフェニルエーテル	1163-19-5	2,500	難	低	評価保留	問題なし	判定できず	評価作業不要				
	テトラブロモビスフェノールA	79-94-7	22,000	—	—	—	—	評価できず	評価作業不要				
TBBPA	TBBAエポキシオリゴマー	68928-70-1 138638-58-7 135229-48-0	8,000	難	低	—	—	—	—	検出中	問題なし	全世界で 生産・使用制限 規制なし	—
	TBBAカーボネートオリゴマー	28906-13-0 94534-54-2 28774-53-8	3,000			—	—	—	—	—	—		
	TBBAビス(ジブロモプロピルエーテル)	21850-44-2	700			—	—	—	—	—	—		
	ヘキサブロモシクロデカン(HBCD)	25637-09-4	3,400			—	—	—	—	検出中(2006年終了予定)	—		
その他	ビス(ペンタブロモフェニル)エタン	64652-53-9	5,000	難	低	—	—	—	—	—	—	—	—
	ペンタブロモベンジルアクリレート(ポリマー)	59447-57-3	1,000			—	—	—	—	—	—		
	臭素化ポリスチレン	57137-10-7	5,000			—	—	—	—	—	—		
	ポリ臭素化スチレン	88497-56-7	—			—	—	—	—	—	—		

※日本年間使用量は、日本環境化学協会調べ

Q25. 日本で主として使用されている臭素系難燃剤は？

先ず、下の図をご覧ください。

■主要臭素系難燃剤とプラスチックとの組み合わせ

◎主として使用市 ○少量使用市

臭素系難燃剤	日本 年間使用量 (トン)	用 途														
		熱可塑性								熱硬化性			その他			
		ABS	ポリスチレン	ポリオレフィン	ポリカーボネート	PC/ABS	ポリアミド	ポリエーテル	ポリ塩化ビニル	発泡ポリスチレン	エポキシ樹脂	フェノール樹脂	不飽和ポリエステル	難燃剤原料	繊維	接着剤・塗料
デカブロモジフェニルエーテル(Deca-BDE)	2,500		○	○			○	○							○	
テトラブロモビスフェノール-A(TBBPA)	22,000	◎								◎	◎		◎			
TBBAエポキシ・オリゴマー	8,000	◎	◎					◎								
TBBAカーボネートオリゴマー	3,000				◎			◎								
TBBAビス(ジブロモプロピルエーテル)	700		◎	○												
ヘキサブロモシクロデカン(HBCD)	3,400								◎						◎	
ビス(ペンタブロモフェニル)エタン	5,000		◎	◎			○									
ペンタブロモベンジルアクリレート(ポリマー)	1,000						◎	○								
臭素化ポリスチレン	5,000						◎	○								

☆参考サイト:社団法人 プラスチック処理促進協会 <http://www.pwml.or.jp/>

☆参考サイト: 社団法人 プラスチック処理促進協会 <http://www.pwmior.jp/>

なお、こうしたプラスチックの用途については、(社) プラスチック処理促進協会の HP をご覧ください。

Deca-BDE(Decabromodiphenylether) CAS No. 1163-19-5

デカブロモジフェニルエーテル

臭素含有率が高く難燃効果に優れているため、電気・電子機器用のプラスチック、自動車、建設、織物などに幅広く使用されています。Deca-BDE はPBDE (ポリブロモジフェニルエーテル) の一種であり、欧州の RoHS 指令で使用制限の対象となるものと考えられていました。しかし

科学的なリスクアセスメントを行った結果、EU は 2005 年 10 月に Deca-BDE の RoHS 指令からの適用除外を正式決定しています。Deca-BDE は構造がジベンゾフラン（ダイオキシン類の一種）に似ているため、臭素化ダイオキシン類の発生源ではないかと考えられたことがあります。ダイオキシンの発生メカニズムが研究された結果、近代的焼却施設ではダイオキシン類の発生がコントロールできることが判明。また日本では塩素化ダイオキシン類の 1/50～1/2 程度の濃度であることが報告され、当初危惧されたような濃度に達していないことが分かってきました。また EURL で商用 Deca-BDE の定義に関しては、こちらをご覧ください。

TBBPA(Tetrabromobisphenol A) CAS No. 76-94-7

世界でもっとも多く生産・使用されている難燃剤です（TBBA とも表記）。日本を含むアジア地域で主に使用され、年間約 90,000 トン、世界全体の約 75%を占めています。これはアジアが世界の電気・電子機器の生産基地となっていることに関連します。TBBPA はエポキシ樹脂と化学反応させてポリマーとし、プリント基板のラミネートとして使用されるのが一般的です。他に添加剤として使用する場合があります。この場合は TBBPA そのもの、あるいは他の化学物質と反応させた TBBA オリゴマーとし、難燃規格（V0 規格など）に適合する難燃剤とします。日本でのリスクアセスメントにより、TBBPA は毒性がなく環境中への暴露も低いと認識されています。欧州ではヒトの健康面への問題はまったくないとされ、現在環境中生物への影響に関する評価が続行中です（2006 年中に終了予定）

TBBA epoxy oligomer CAS No. 68928-70-1, 139638-58-7, 135229-48-0 ら

TBBA エポキシオリゴマー

TBBPA とエポキシ化 TBBA を重縮合して得られる臭素化エポキシ系難燃剤です。臭素化エポキシ系難燃剤は分子量を選定することにより各種樹脂との相溶性に優れブリードアウトが少ないという特徴があります。日本を中心としたアジア市場において、家電・OA 機器のハウジングなどに使われるスチレン系樹脂、リレー、コネクタなどの電子部品に使われるポリエステル系樹脂に多く使用されています。末端エポキシ基を残したエポキシタイプは樹脂中の残存官能基との反応性を利用して強度、対加水分解性などの物性向上が期待できます。末端エポキシ基を封止したエンドキャップタイプは流動性を損なわずに難燃性を付与できます。リサイクル特性も良好で、プラスチック用難燃剤として使用した場合、最も問題の少ない化合物の一つです。

TBBA carbonate oligomer CAS No. 28906-13-0, 94334-64-2, 28774-93-8 ら

TBBA カーボネートオリゴマー

カーボネート結合を有する耐熱性に優れた難燃剤です。臭素含有率は 52～58%で、熱分解点（TGA5%減量温度）は 440℃です。この長所を活かして PET、PBT などのポリエステル系や PC、ABS など耐熱性を必要とする樹脂に使用されています。特に PBT には汎用的に使用され、これを用いたガラス強化難燃 PBT は色相・靱性に優れた材料として評価されています。TBBA カーボネートオリゴマーはコネクタなどの電気・電子部品に好適であり、今後も需要の増加が見込まれています。また PC、ABS とも相溶性が良好なため、耐熱難燃 PC、耐熱難燃 PC/ABS アロイ向けにも、電気・電子用途を中心に使用されています。

HBCD (Hexabromocyclododecane) CAS No. 25637-99-4

ヘキサブロモシクロドデカン

Deca-BDE 同様臭素含有率が高いため、少量（1～数%の添加率）で優れた難燃機能を発揮します。土木建築用途、難燃カーテンなどに使用され、電気・電子機器には使用されていません。既存化学物質の安全性評価の結果、HBCD は難分解性、高蓄積性であることが確認されました（『主な臭素系難燃剤の科学的な評価と法的な規制』参照）。これを受けて改正化審法では HBCD

を第一種監視化学物質と指定しました。生産や使用上の制限はありませんが、現在予備的な毒性調査がなされています。環境省による調査では環境中への暴露はほとんど確認されていません。HBCD 製造メーカーと輸入業者、HBCD ユーザー業界は製造工程からの暴露を減らすために自主管理計画を作成。暴露工程・暴露量の把握、モニタリングなどを実施し、継続的な暴露削減活動を実施しています。

Bis (pentabromophenyl) ethane CAS No. 84852-53-9

ビス (ペンタブロモフェニル) エタン

臭素含有率が高く難燃効果が高いため、電気・電子機器用のハウジングやカートリッジ用のプラスチック、電線用のポリマー絶縁体などに幅広く使われています。分子内に酸素原子を含まないため、臭素化ダイオキシン類の生成が起きない難燃剤と考えられています。スチレン系の樹脂では熱安定性の高さと高融点から熱変形温度の高いコンパウンドが得られます。

BPS (Brominated polystyrene) CAS No. 57137-10-7, 88497-56-7 ら

臭素化ポリスチレン

臭素化ポリスチレンはポリマータイプの代表的な難燃剤です。ナイロン、GE-PET (ガラス繊維強化ポリエチレンテレフタレート)、PBT 樹脂などのエンジニアリングプラスチック (エンブラ) に使用されています。熱安定性に優れているため、成型温度の高い樹脂に使いやすいというメリットがあります。電気・電子機器、車輛などに使われるエンブラ用途で需要の伸びている難燃剤です。

②日本難燃剤協会

日本難燃剤協会から関連記述を以下に抜粋する。

難燃剤とは

難燃剤の種類

難燃剤はその構成成分、使用法により下記のように大別される。

1) 有機難燃剤

- | | |
|--------|----------------------------------|
| 有機難燃剤 | ハロゲン系
リン系
その他（複合型等） |
| 無機系難燃剤 | 金属水酸化物
アンチモン系
その他（赤リン系を含む） |

2) 使用法による分類

- | | |
|--------|---------------------------|
| 添加型難燃剤 | 有機系
無機系 |
| 反応型難燃剤 | 水酸基含有系
カルボン酸含有系
その他 |

難燃剤の使用分野

難燃剤は難燃性が要求される高分子有機材料に広く用いられている。

難燃剤が主に使用される樹脂は下記の通りである。

1) 汎用樹脂

- | | |
|-----------|---------------|
| A) ABS | B) ポリスチレン |
| D) ポリエチレン | E) ABS/PC アロイ |

2) エンジニアリングプラスチック

- | | |
|-------------------------------|-----------|
| A) ポリブチレンテレフタレート (PBT) | B) 変性 PPE |
| C) ポリアミド (ナイロン 6、66 等) | |
| E) スーパーエンジニアリングプラスチック (PPS 等) | |

3) 熱硬化樹脂

- | | |
|-----------|------------|
| A) エポキシ樹脂 | B) フェノール樹脂 |
|-----------|------------|

4) 繊維

5) 壁紙

難燃化の方法

1) 高分子有機材料の燃焼

- | | |
|--|--|
| A) 可燃性ガスの燃焼：可燃性ガス、酸素の補給 | |
| B) 燃焼による輻射熱の発生：有機材料表面の温度上昇 | |
| C) 有機材料中への熱伝導：有機材料の温度上昇 | |
| D) 有機材料の熱分解：可燃性ガスの発生 | |
| E) 可燃性ガスの材料表面への拡散：有機材料中の拡散 | |
| F) 可燃性ガスの燃焼場への拡散：気相中の拡散 | |
| A) → B) → C) → D) → E) → F) → A) のサイクルのように燃焼が継続する。 | |

従って、燃焼を止めるためには、このサイクルが継続しないようにすればよい。難燃剤はこのサイクルの 1 つ以上に作用するものである。

2-3 臭素系ダイオキシン類の発生源の可能性のある施設、工程等の検討

2-2 で収集した文献の記述を総括し、臭素化ダイオキシン類排出源として表 2.1～2.3 にまとめた。

表 2.1 臭素系ダイオキシン類の発生源の可能性のある施設、工程等（大気への排出）

発生源	文献	濃度測定例			排出係数・原単位等
		測定箇所	PBDDs	PBDFs	
1.大気への排出					
一般廃棄物焼却施設					
産業廃棄物焼却施設					
臭素化合物(難燃剤など)の製造					
デカブロモジフェニルエーテル(DeBDE)	H18		N.D.ng/m3N	0.16～13ng/m3N	
ポリ臭化フェノール(PBP _s)					
ポリ臭化ジフェニルエーテル(PBFDE _s)					
臭素化ビフェニル(PBB _s)					
テトラブロモビスフェノールA(TBBPA)	H15		N.D.～0.04ng/m3N	0.05～0.17ng/m3N	
TBBAポリカーボネイトオリゴマー	H15		0.012～0.18ng/m3N	N.D.	
TBBAエポキシオリゴマー					
TBBAビス(ジブロモプロピルエーテル)					
ヘキサブロモシクロドデカン(HBCD)					
ビス(ペンタブロモフェニル)エタン					
ペンタブロモベンジルアクリレート					
臭素化ポリスチレン					
難燃化ポリマー樹脂の製造過程					
PS樹脂	H14	総合排出口	0.011～4,900ng/m3N	ND(検出下限以下)～2.9ng/m3N	
	H14	押出機出口	0.22～5.3ng/m3N	ND～1.8ng/m3ND～1.8ng/m3N	
ABS樹脂	H14	総合排出口	0.024ng/m3N ～0.26ng/m3N	N.D.	
	H14	押出機出口	2.9～140,000ng/m3N	0.010～7.1ng/m30.010～7.1ng/m3N	
TBBPA型エポキシ樹脂2,4,6-TBP使用	H17		1.5～24000ng/m3N	N.D～8.0ng/m3N	
難燃化素材を用いた製造施設					
家電製品					
プリント回路基板					
難燃繊維加工施設	H15				排出係数1.7ng/g(DeBDE あたり)
HBCD使用	H15		ND～4.6ng/m3N	ND～12ng/m3N	
家電リサイクル施設	H14	破砕機出口	ND～1.9ng/m3N	ND～12ng/m3ND～12ng/m3N	
難燃化製品使用時の温度上昇におけるガス化					
テレビ受像器	1		1800pg/1台		
家屋やビル火災に伴う難燃化製品の燃焼					
電気器具	1			煙凝縮物数百 μ g/m3	
	1			煙1,700 μ g/m3	
有機臭素系難燃剤からの環境中光化学反応による生成					
自動車排ガス					

表 2.2 臭素系ダイオキシン類の発生源の可能性のある施設、工程等（水への排出）

発生源	文献	濃度測定例			排出係数・原単位等
		測定箇所	PBDDs	PBDFs	
2.水への排出					
一般廃棄物焼却施設					
産業廃棄物焼却施設					
臭素化合物(難燃剤など)の製造					
デカブロモジフェニルエーテル(DeBDE)	H18	総合排水	ND～510pg/L	340～4400pg/L	
ポリ臭化フェノール(PBP's)					
ポリ臭化ジフェニルエーテル(PBDEs)					
臭素化ビフェニル(PBBs)					
テトラブロモビスフェノールA(TBBPA)	H15	蒸気凝縮水・ポンプシール水	160pg/L	7900pg/L	
TBBAポリカーボネイトオリゴマー	H15	蒸留塔	14000pg/L	120000pg/L	
TBBAエポキシオリゴマー					
TBBAビス(ジプロモプロピルエーテル)					
ヘキサブロモシクロデカン(HBCD)					
ビス(ペンタブロモフェニル)エタン					
ペンタブロモベンジルアクリレート					
臭素化ポリスチレン					
難燃化ポリマー樹脂の製造過程					
PS樹脂	H14	総合排水出口	ND 及び190,000pg/L	4.9pg/L 及び1,700pg/L	
	H14	冷却槽出口	ND～630pg/L	7.6～210pg/L	
	H14	真空ポンプ出口	4.8pg/L 及び12,000pg/L	110pg/L 及び190pg/L	
	H14	冷却塔出口	50pg/L	780pg/L	
	H14	装置集合	0.85pg/L	16pg/L	
ABS樹脂	H14	総合排水出口	2.6pg/L	5.2pg/L	
	H14	冷却槽出口	280～20,000 pg/L	53～820pg/L	
	H14	真空ポンプ出口	3,500pg/L 及び820,000pg/L	810pg/L 及び830pg/L	
	H14	雑排水	990pg/L	18,000pg/L	
エポキシ樹脂	H14	総合排水出口	ND～32pg/L	2.0～75 pg/L	
TBBPA型エポキシ樹脂2,4,6-TBP使用	H17	総合排水	3.6～21pg/L	11～34pg/L	
難燃化素材を用いた製造施設					
家電製品					
プリント回路基板					
難燃繊維加工施設	H15				排出係数270ng/g(DeBDE あたり)
HBCD使用	H15	処理前総合排	3.2pg/L	2000pg/L	
	H17	処理前総合排	48～7400pg/L	3800～88000pg/L	
	H18	処理前総合排	N.D.～510	400～270000pg/L	
家電リサイクル施設	H14	工程水	2,000pg/L	140,000pg/L	
	H14	雑排水	平均20pg/L(3.1～68pg/L)	平均5,500pg/L(790～13,000pg/L)	

表 2.3 臭素系ダイオキシン類の発生源の可能性のある施設、工程等（その他）

発生源	文献	濃度測定例	
		測定箇所	濃度測定例
3.固体			
臭素化合物(難燃剤)			
デカブロモジフェニルエーテル(DeBDE)	H15	1.3ng/g	720ng/g
	2		290ng/g
ポリ臭化フェノール(PBP's)	3		8,000 μg/kg
ポリ臭化ジフェニルエーテル(PBFDEs)			
臭素化ビフェニル(PBBs)			
テトラブロモビスフェノールA(TBBPA)			
TBBAエポキシオリゴマー			
TBBAビス(ジブロモプロピルエーテル)			
ヘキサブロモシクロデカン(HBCD)	H15	N.D.ng/g	0.13～9.0ng/g
ビス(ペンタブロモフェニル)エタン	3	8,500 μg/kg	
ペンタブロモベンジルアクリレート			
臭素化ポリスチレン			
難燃化ポリマー樹脂			
PBDEsを含有したポリエチレン樹脂	3	3,000ng/g PBDDs/PBDFs	
TBBPAを含有したABS樹脂	3	0.6ng/g PBDDs/PBDFs	
難燃繊維加工			
排水処理汚泥	H18	0.04～1.2ng/g-SS	1.7～150ng/g-SS
難燃繊維加工品デカブロモジフェニルエーテル(DeBDE)使用	H15	1.1ng/g	390ng/g
難燃繊維加工品ヘキサブロモシクロデカン(HBCD)使用	H15	N.D.～0.12ng/g	0.64～1.4ng/g
難燃剤デカブロモジフェニルエーテル(DeBDE)	H18	4.8ng/g	1200ng/g
難燃剤ヘキサブロモシクロデカン(HBCD)	H18	N.D.	N.D.
臭素系染料(キノ系青)	H18	N.D.	1.8ng/g
臭素系染料(アゾ系黒)	H18	N.D.	0.55ng/g
プリント回路基板	1		3.6-3,430 μg/kg
	3	38,000～130,000ng/g PBDDs/PBDFs	
廃テレビケーシング	3	3,000～6,000ng/g PBDDs/PBDFs	
廃棄物焼却残渣			
焼却灰			

- 文献 1 『環境保健クライテリア No.205』Environmental Health Criteria No.205 ,1998
2 『ダイオキシン』Karlheinz Ballschmiter・Reiner Bacher 著 【監訳代表】清水 剛夫,1999,エヌ・ディー・エス
3 食品安全性セミナー(6)ダイオキシン類 阿久津 和彦、堀 伸二郎、桑原 克義、渡辺 功著 ,2002,中央法規
H14 平成14年度臭素系ダイオキシン類排出実態等調査環境省 環境管理局総務課ダイオキシン対策室結果報告
H15 平成15年度臭素系ダイオキシン類排出実態等調査環境省 環境管理局総務課ダイオキシン対策室結果報告
H17 平成17年度臭素系ダイオキシン類排出実態等調査環境省 環境管理局総務課ダイオキシン対策室結果報告
H18 平成18年度臭素系ダイオキシン類排出実態等調査環境省 環境管理局総務課ダイオキシン対策室結果報告