

令和 6 年度
臭素系ダイオキシン類排出実態等調査
結果報告書

令和 7 年 3 月
環境省 水・大気環境局 環境管理課
環境汚染対策室

目次

1. 調査目的	1
2. 調査概要	1
2.1 調査対象施設	1
2.2 調査媒体	2
2.3 分析項目	2
3. 試料概要	4
3.1 採取試料一覧	4
3.2 試料採取状況	6
4. 分析方法	9
4.1 分析方法	9
4.2 試料採取概要	10
4.3 分析フロー	11
4.4 測定条件	17
4.5 検出下限値	24
5. 調査結果（総括表）	29
6. まとめ及び考察	42
6.1 銅一次精錬施設	42
6.2 セメント製造施設	62
7. 臭素系ダイオキシン類暫定排出インベントリー（参考値）	72
7.1 臭素系ダイオキシン類排出量の推計	72
7.2 臭素系ダイオキシン類の暫定排出インベントリー	73
7.3 臭素系ダイオキシン類の暫定排出インベントリー推計に係る課題	76
 別表-1 調査結果（個別結果）	77
別図-1 調査施設概要 （工程フロー・試料採取箇所）	99
別図-2 媒体別同族体組成	105
別図-3 媒体別異性体組成	111
 参考資料 国内の難燃剤需要推移（推定）	117

略語一覧

本調査報告書に使用した主な略語の説明を以下に示す。

PBDD/Fs	: ホリブ [®] ロモジ [®] ベンゾ [®] -パラ-ジ [®] オキシ [®] ン/ジ [®] ベンゾ [®] フラン
PBDDs	: ホリブ [®] ロモジ [®] ベンゾ [®] -パラ-ジ [®] オキシ [®] ン
PBDFs	: ホリブ [®] ロモジ [®] ベンゾ [®] フラン
TeBDDs	: テトラブ [®] ロモジ [®] ベンゾ [®] -パラ-ジ [®] オキシ [®] ン
PeBDDs	: ペンタブ [®] ロモジ [®] ベンゾ [®] -パラ-ジ [®] オキシ [®] ン
HxBDDs	: ヘキサブ [®] ロモジ [®] ベンゾ [®] -パラ-ジ [®] オキシ [®] ン
HpBDDs	: ヘプタブ [®] ロモジ [®] ベンゾ [®] -パラ-ジ [®] オキシ [®] ン
OBDD	: オクタブ [®] ロモジ [®] ベンゾ [®] -パラ-ジ [®] オキシ [®] ン
TeBDFs	: テトラブ [®] ロモジ [®] ベンゾ [®] フラン
PeBDFs	: ペンタブ [®] ロモジ [®] ベンゾ [®] フラン
HxBDFs	: ヘキサブ [®] ロモジ [®] ベンゾ [®] フラン
HpBDFs	: ヘプタブ [®] ロモジ [®] ベンゾ [®] フラン
OBDF	: オクタブ [®] ロモジ [®] ベンゾ [®] フラン
PCDD/Fs	: ホリクロロジ [®] ベンゾ [®] -パラ-ジ [®] オキシ [®] ン/ジ [®] ベンゾ [®] フラン
Co-PCB	: コプラナーホリクロロビスフェニル
PBDEs	: ホリブ [®] ロモジ [®] フェニルエーテル
MoBDEs	: モノブ [®] ロモジ [®] フェニルエーテル
DiBDEs	: ジブ [®] ロモジ [®] フェニルエーテル
TrBDEs	: トリブ [®] ロモジ [®] フェニルエーテル
TeBDEs	: テトラブ [®] ロモジ [®] フェニルエーテル
PeBDEs	: ペンタブ [®] ロモジ [®] フェニルエーテル
HxBDEs	: ヘキサブ [®] ロモジ [®] フェニルエーテル
HpBDEs	: ヘプタブ [®] ロモジ [®] フェニルエーテル
OBDEs	: オクタブ [®] ロモジ [®] フェニルエーテル
NoBDEs	: ノナブ [®] ロモジ [®] フェニルエーテル
DeBDE	: デカブ [®] ロモジ [®] フェニルエーテル
TBBPA	: テトラブ [®] ロモビスフェノール A
PBPhs	: ホリブ [®] ロモフェノール
MoBPhs	: モノブ [®] ロモフェノール
DiBPhs	: ジブ [®] ロモフェノール
TrBPhs	: トリブ [®] ロモフェノール
TeBPhs	: テトラブ [®] ロモフェノール
PePh	: ペンタブ [®] ロモフェノール
HBCDs	: ヘキサブ [®] ロモシクロ [®] デカン
DBDPE	: デカブ [®] ロモジ [®] フェニルエタン
TEQ	: 毒性等量(または毒性当量)
TEF	: 毒性等価係数
GC-HRMS	: 高分解能ガスクロマトグラフ質量分析計
LC-MS/MS	: 液体クロマトグラフタンデム質量分析計
DMSO	: ジメチルスルホキシド

1. 調査目的

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

2. 調査概要

廃電子基板やシュレッダーダストのリサイクルを行っている非鉄金属製錬施設1施設、大気系への排出量が多いセメント製造施設2施設について排出実態調査を実施した。

分析項目は、臭素系ダイオキシン類以外に、それ自体は臭素系ダイオキシン類ではないが、臭素系ダイオキシン類の発生に当たり、臭素の供給源となりうる物質である臭素系難燃物質等についても調査を行った。

2.1 調査対象施設

表 2-1 銅一次精錬施設の概要

	銅一次精錬施設
施設名	A 施設
処理原料	シュレッダーダスト・基板類
生産製品	粗銅
排ガス処理フロー	・ 有価金属リサイクル施設（産業廃棄物焼却施設） キルン溶融炉→ボイラー→急冷塔→バグフィルター→触媒塔→スクラバー→煙突 ・ 銅製錬施設 溶解炉→ボイラー→冷却塔→ダストコットレル→煙突 溶解炉→CL 炉→バグフィルター→煙突 溶解炉→CL 炉→C 炉→精製炉→サイクロン→バグフィルター→煙突
排水処理フロー	原水シックナー→原水槽→1 次中和槽→1 次シックナー→2 次中和槽→2 次シックナー→3 次シックナー→逆中和→最終放流
過年度調査	平成 24 年度（2012 年度）F 施設（産業廃棄物焼却施設）

表 2-2 セメント製造施設の概要

	セメント製造施設	
施設名	B 施設	C 施設
製造工程 フロー	原料、副原料→原料ミル→ブレンディ ングサイロ→ストレージサイロ→プレヒ ータ(仮焼炉あり)→ロータリーキル ン→冷却機→クリンカサイロ→他工場で セメント製品	原料、副原料→乾燥機→原料ミル→ 原料サイロ→プレヒータ→ロータリーキ ルン→冷却機→クリンカサイロ→セメ ントミル→セメントサイロ→製品 ※製造ラインは 2 つ(1 系統、2 系統) あり
排ガス処理 フロー	ロータリーキルン→プレヒータ(仮焼炉 あり)→石炭ミル→原料ミル→ボイラー →電気集塵機+バグフィルター→煙突	1 系統:ロータリーキルン→プレヒータ →原料サイロ→サイクロン→電気集塵 機→電気集塵機→煙突 2 系統:ロータリーキルン→プレヒータ →乾燥機→電気集塵機→煙突
排水処理 フロー	(排水の発生なし)	(排水の発生なし)
備考	HBBD、TBBPA は未測定	令和 5 年度 (2023 年度) に測定

2.2 調査媒体

(1) 銅一次精錬施設(A 施設)

- ・ 排ガス、排水(工程水、放流水)、原料投入物、脱水残さ

(2) セメント製造施設(B 施設)

- ・ 排ガス、クリンカ

(3) セメント製造施設(C 施設)

- ・ 排ガス、クリンカ

2.3 分析項目

(1) 臭素化ダイオキシン類 (PBDD/Fs)

a. 2,3,7,8-位臭素置換異性体

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

b. PBDD/Fs の同族体

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

(2) ポリブロモジフェニルエーテル類 (PBDEs)

a. PBDEs の異性体

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

b. PBDEs の同族体

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

(3) テトラブロモビスフェノール A (TBBPA)

(4) ブロモフェノール類 (PBPhs)

a. PBPhs の異性体

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

b. PBPhs の同族体

MoBPhs、DiBPhs、TrBPhs、TeBPhs、PeBPh

(5) ヘキサブロモシクロデカン (HBCDs)

α -HBCD、 β -HBCD、 γ -HBCD

(6) 塩素化ダイオキシン類 (PCDD/Fs, Co-PCB)

a. PCDD/Fs の 2,3,7,8-位塩素置換異性体

2,3,7,8-TeCDD、1,2,3,7,8-PeCDD、1,2,3,4,7,8-HxCDD、
1,2,3,6,7,8-HxCDD、1,2,3,7,8,9-HxCDD、1,2,3,4,6,7,8-HpCDD、OCDD、
2,3,7,8-TeCDF、1,2,3,7,8-PeCDF、2,3,4,7,8-PeCDF、1,2,3,4,7,8-HxCDF、
1,2,3,6,7,8-HxCDF、1,2,3,7,8,9-HxCDF、2,3,4,6,7,8-HxCDF、
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF、1,2,3,4,7,8,9-HpCDF、OCDF

b. PCDD/Fs の同族体

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

c. Co-PCB

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

3. 試料概要

3.1 採取試料一覧

(1) 銅一次精錬施設(A 施設)

表 3-1 採取試料一覧表

試料名	採取箇所	採取方法
①排ガス (急冷塔出口)	有価金属リサイクル施設 (バグフィルター入口)	JIS K 0311 (I 形) インピンジャー 2 連で、連続 4 時間連続採取
②排ガス (煙突前)	有価金属リサイクル施設 (スクラバー処理後)	JIS K 0311 (I 形) インピンジャー 2 連で、連続 4 時間連続採取
③排ガス (No.2 高排気塔)	銅精錬施設 (排ガス処理 後 No.2 高排気塔煙突前)	JIS K 0311 (I 形) インピンジャー 2 連で、連続 4 時間連続採取
④排ガス (No.3 高排気塔)	銅精錬施設 (排ガス処理 後 No.3 高排気塔煙突前)	JIS K 0311 (I 形) インピンジャー 2 連で、連続 4 時間連続採取
⑤スクラバー排水	有価金属リサイクル施設 (スクラバードレイン)	約 1～2 時間毎に 1 回、3 回採取
⑥フィルタープレス水 (溶融飛灰)	溶融飛灰処理施設 (排水溝)	約 1～2 時間毎に 1 回、3 回採取
⑦硫酸工場ダスト排水	銅精錬施設 (硫酸原水ドレイン)	約 1～2 時間毎に 1 回、3 回採取
⑧フィルタープレス水 (硫酸工場)	銅精錬施設の硫酸工場 (排水溝)	約 1～2 時間毎に 1 回、3 回採取
⑨総合排水	総合排水口	大量採取装置を用いて約 1L/分で約 3 時間、200L を採水
⑩混合原料	有価金属リサイクル施設 (キルン溶融炉投入口)	約 1 時間毎に 1 回、3 回採取 (施設側で採取)
⑪脱塩率	溶融飛灰処理施設 (ヤード)	約 1～2 時間毎に 1 回、3 回採取
⑫E-Scrap	銅精錬施設 (廃電子基板ヤード)	ヤード内で、3 箇所採取

※ 複数箇所から採取した試料及び複数回採取した試料はコンボジットして、1 試料とした。

※ 排ガス-1 (EP-620)、排ガス-1 (EP-630)、排ガス-1 (EP-650) は 1 系統、排ガス-2 (EP-701) は 2 系統での採取試料。

(2) セメント製造施設 (B 施設)

表 3-2 採取試料一覧表

試料名	採取箇所	採取方法
排ガス (EP 出口)	排ガス処理後の電気集塵器出口	JIS K 0311 (I 形) インピンジャー2 連で、連続 4 時間連続採取
排ガス (BF 出口)	排ガス処理後のバグフィルター出口	JIS K 0311 (I 形) インピンジャー2 連で、連続 4 時間連続採取
クリンカ	クリンカサイロ前ベルトコンベア	1 時間毎に 1 回、3 回採取 (施設側で採取)

※ 複数箇所から採取した試料及び複数回採取した試料はコンボジットして、1 試料とした。

(3) セメント製造施設 (C 施設)

表 3-3 採取試料一覧表

試料名	採取箇所	採取方法
排ガス-1 (EP-620)	電気集塵機出口 (EP-620)	JIS K 0311 (I 形) インピンジャー2 連で、連続 4 時間連続採取
排ガス-1 (EP-630)	電気集塵機出口 (EP-630)	JIS K 0311 (I 形) インピンジャー2 連で、連続 4 時間連続採取
排ガス-1 (EP-650)	電気集塵機出口 (EP-650)	JIS K 0311 (I 形) インピンジャー2 連で、連続 4 時間連続採取
排ガス-2 (EP-701)	電気集塵機出口 (EP-701)	JIS K 0311 (I 形) インピンジャー2 連で、連続 4 時間連続採取
クリンカ-1	クリンカサイロ前ベルトコンベア	1 回採取
クリンカ-2	クリンカサイロ前ベルトコンベア	

※ 複数箇所から採取した試料及び複数回採取した試料はコンボジットして、1 試料とした。

3.2 試料採取状況

(1) 銅一次精錬施設(A 施設)

表 3-4 排ガス試料の概況 (1)

試料名	ガス 温度	水分	ガス 流速	ガス量 (湿り)	ガス量 (乾き)	補正 吸引量
	(℃)	(vol%)	(m/s)	(m ³ /h)	(m ³ /h)	(m ³)
①排ガス (急冷塔出口)	206	27.02	11.8	68,500	50,000	5.3453
②排ガス (煙突前)	70	29.76	15.0	97,700	68,600	7.2718
③排ガス (No.2 高排気塔)	72	9.53	17.0	341,000	309,000	6.8118
④排ガス (No.3 高排気塔)	39	6.12	15.2	181,000	170,000	6.8934

表 3-5 排ガス試料の概況 (2)

試料名	一酸化炭素 濃度	酸素 濃度	臭化水素 濃度	塩化水素 濃度	ばいじん 濃度
	(volppm)	(vol%)	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(g/m ³)
①排ガス (急冷塔出口)	< 10	10.8	2,200	1,200	4.3
②排ガス (煙突前)	< 10	11.2	1,600	1	0.002
③排ガス (No.2 高排気塔)	27	19.2	< 150	2	0.001
④排ガス (No.3 高排気塔)	52	11.3	< 150	< 1	0.001

表 3-6 排水試料の概況 (1)

試料名	採取回数	天候	pH	水温	電気伝導度	酸化還元電位	透視度
				(°C)	(mS/m)	(mV)	(cm)
⑤スクラバー排水	1回目	晴	7.63	64.5	164.2	380	15.4
	2回目	晴	7.03	64.9	170.8	398	15.4
	3回目	晴	7.18	64.6	177.1	403	15.0
⑥フィルタープレス水 (溶融飛灰)	1回目	晴	10.87	41.6	2,400	135	18.6
	2回目	晴	10.82	41.3	2,200	133	>30
	3回目	晴	10.81	41.3	2,140	169	22.0
⑦硫酸工場 ダスト排水	1回目	晴	1.72	58.2	10,180	243	7.4
	2回目	晴	1.83	55.4	7,500	245	3.4
	3回目	晴	2.02	50.0	7,950	244	4.2
⑧フィルタープレス水 (硫酸工場)	1回目	晴	11.32	41.4	200	-61	3.8
	2回目	晴	11.27	42.4	1,002	-70	19.2
	3回目	晴	11.24	42.1	845	-83	19.4
⑨総合排水	1回目	晴	7.21	34.1	4,060	364	>30
	2回目	晴	7.52	38.2	4,570	376	>30
	3回目	晴	7.40	38.6	4,400	391	>30

表 3-7 排水試料の概況 (2)

試料名	臭化物イオン	SS	外観	臭気
	(mg/L)	(mg/L)		
⑤スクラバー排水	1,100	140	黄色	無臭
⑥フィルタープレス水(溶融飛灰)	4,700	17	無色	無臭
⑦硫酸工場ダスト排水	2,600	440	赤褐色	薬品臭
⑧フィルタープレス水(硫酸工場)	920	220	黄白色	無臭
⑨総合排水	71	12	無色	無臭

表 3-8 原料試料の概況

試料名	採取回数	総重量	金属重量	破碎重量	備考
		(kg)	(kg)	(kg)	
⑩混合原料	1 回目	2.17	0.97	5.21	シュレッダーダスト、 ASR、廃電子基板など
	2 回目	2.10			
	3 回目	1.91			
⑫E-Scrap	1 回目	1.35	2.14	1.87	廃電子基板
	2 回目	1.37			
	3 回目	1.29			

(2) セメント製造施設(B 施設)

表 3-9 排ガス試料の概況 (1)

試料名	ガス温度	水分	ガス流速	ガス量(湿り)	ガス量(乾き)	補正吸引量
	(°C)	(vol%)	(m/s)	(m³/h)	(m³/h)	(m³)
排ガス (EP 出口)	80	12.80	21.6	550,000	480,000	9.1254
排ガス (BF 出口)	105	11.55	26.2	623,000	551,000	9.4731

表 3-10 排ガス試料の概況 (2)

試料名	一酸化炭素濃度	酸素濃度	臭化水素濃度	塩化水素濃度	ばいじん濃度
	(volppm)	(vol%)	(mg/ m³)	(mg/ m³)	(g/ m³)
排ガス (EP 出口)	782	12.4	74	2	0.073
排ガス (BF 出口)	741	11.7	85	2	< 0.001

(3) セメント製造施設(C 施設)

表 3-11 排ガス試料の概況 (1)

試料名	ガス温度	水分	ガス流速	ガス量(湿り)	ガス量(乾き)	補正吸引量
	(°C)	(vol%)	(m/s)	(m³/h)	(m³/h)	(m³)
排ガス-1 (EP-620)	74	10.86	13.2	179,000	160,000	8.0610
排ガス-1 (EP-630)	75	11.57	16.4	170,000	150,000	6.5294
排ガス-1 (EP-650)	76	13.92	17.0	175,000	151,000	7.8116
排ガス-2 (EP-701)	123	21.00	9.3	308,000	243,000	7.2672

表 3-12 排ガス試料の概況 (2)

試料名	一酸化炭素濃度	酸素濃度	臭化水素濃度	塩化水素濃度	ばいじん濃度
	(volppm)	(vol%)	(mg/m³)	(mg/m³)	(g/m³)
排ガス-1(EP-620)	604	11.5	< 1	49	< 0.001
排ガス-1(EP-630)	617	11.4	< 1	45	0.001
排ガス-1(EP-650)	680	11.7	< 1	56	0.001
排ガス-2(EP-701)	1,290	8.3	< 1	112	< 0.001

4. 分析方法

4.1 分析方法

(1) PBDD/Fs

「ポリブロモジベンゾ-パラ-ジオキシン及びポリブロモジベンゾフランの暫定調査方法」(平成 19 年 3 月環境省水・大気環境局総務課ダイオキシン対策室)により測定を行った。各媒体別の試料抽出フロー図 4-1～図 4-5 により抽出後、各媒体共通分析フロー図 4-6 により測定を行った。

(2) PBDEs、TBBPA、HBCDs、PBPhs

各媒体別の試料抽出フロー図 4-1～図 4-5 により抽出後、各媒体共通分析フロー図 4-7 により測定を行った。

(3) PCDD/Fs 及び Co-PCB

- ① 排ガス「排ガス中のダイオキシン類測定方法」(JIS K 0311 : 2020)
- ② 排水「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 : 2020)
- ③ 投入物等「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」(平成 4 年 7 月 3 日 厚生省告示第 192 号)

①～③により、各媒体別の試料抽出フロー図 4-1～図 4-5 により抽出後、各媒体共通分析フロー図 4-8 により測定を行った。

4.2 試料採取概要

(1) 排ガス

排ガスは採取試料量を多くするために、採取管部、フィルタ捕集部、液体捕集部、吸着捕集部、吸引ポンプ及び流量測定部からなる採取装置 (JIS K 0311 I 形) 2 連により、試料採取をした。

(2) 排水

採水場所において、ステンレス製バケツにより水をくみ取り、褐色ガラス瓶の 10 % 空隙が残る程度まで採水した。約 1～2 時間毎に 1 回ずつ、3 回採水した。

A 施設の⑨総合排水は、採取場所において、ポンプで水を毎分 0.5～1.5L 程度で 200L 程度吸引し、懸濁態をろ紙により捕捉した後、溶存態をポリウレタンフォームに吸着捕集した。

(3) 投入物等

有価リサイクル施設の⑩混合原料は、溶融キルン炉投入口にて、約 1 時間毎に 1 回ずつ、3 回、施設側で採取していただいた。有価リサイクル施設の⑪脱塩率は、溶融飛灰処理施設 (ヤード) にて、約 1～2 時間毎に 1 回ずつ、3 回採取した。銅製錬施設の⑫E-Scrap は、銅製錬施設 (廃電子基板ヤード) にて、3 箇所採取した。

4.3 分析フロー

各媒体別の試料抽出フローを図 4-1～図 4-5 に示す。また、各媒体共通の分析フローを図 4-6～図 4-8 に示す。

(1) 排ガス試料

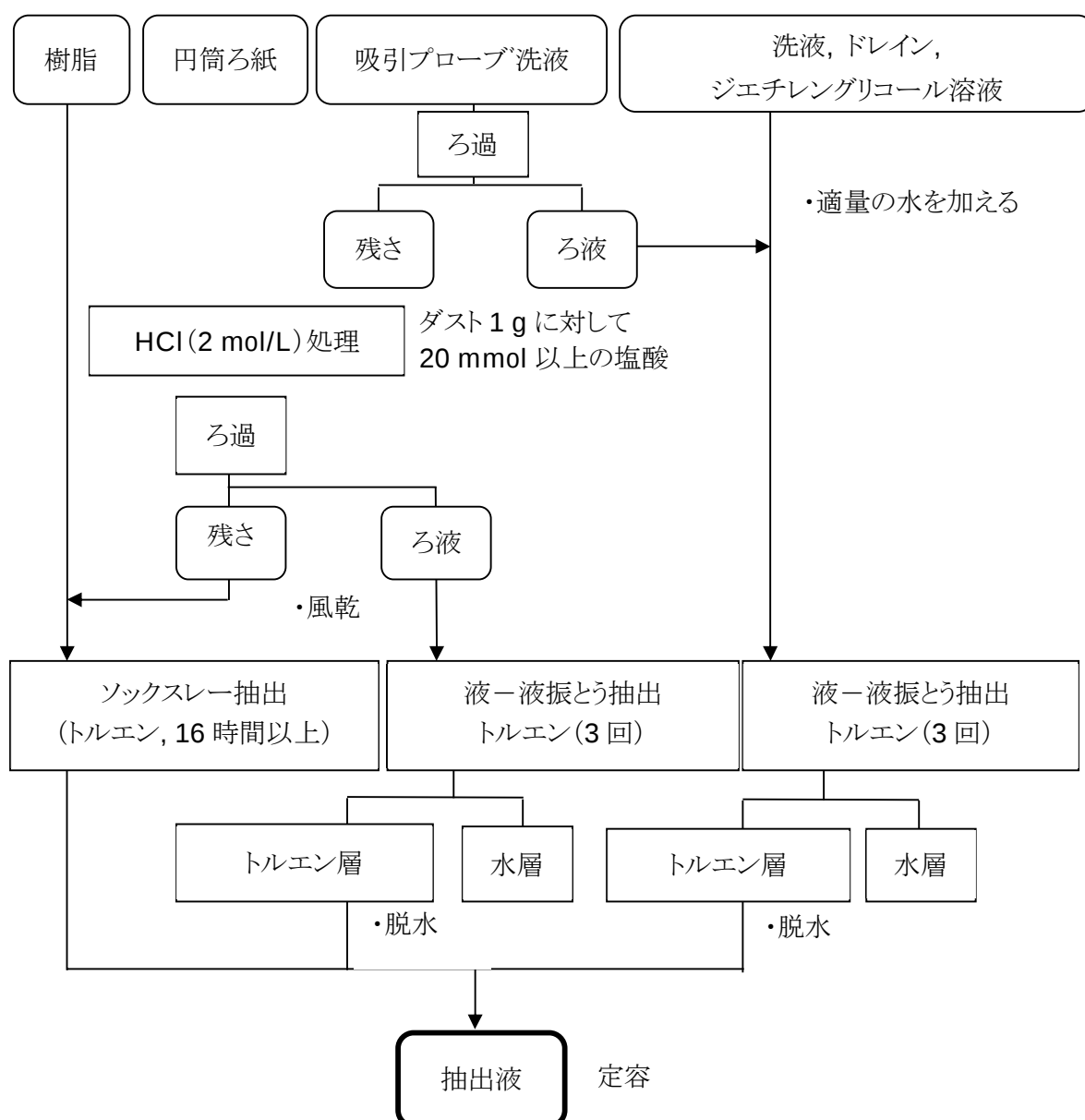


図 4-1 排ガス試料抽出分析フロー

(2) 排水試料①（スクラバー排水、フィルタープレス水）

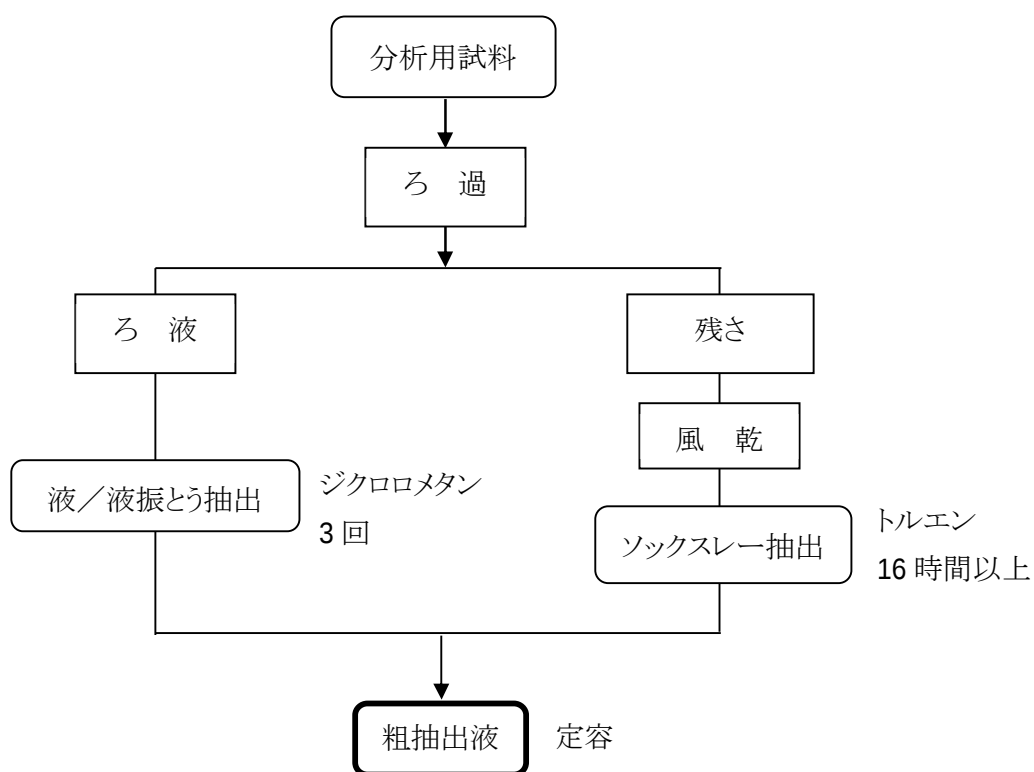


図 4-2 排水試料①抽出分析フロー

(3) 排水試料②（総合排水）

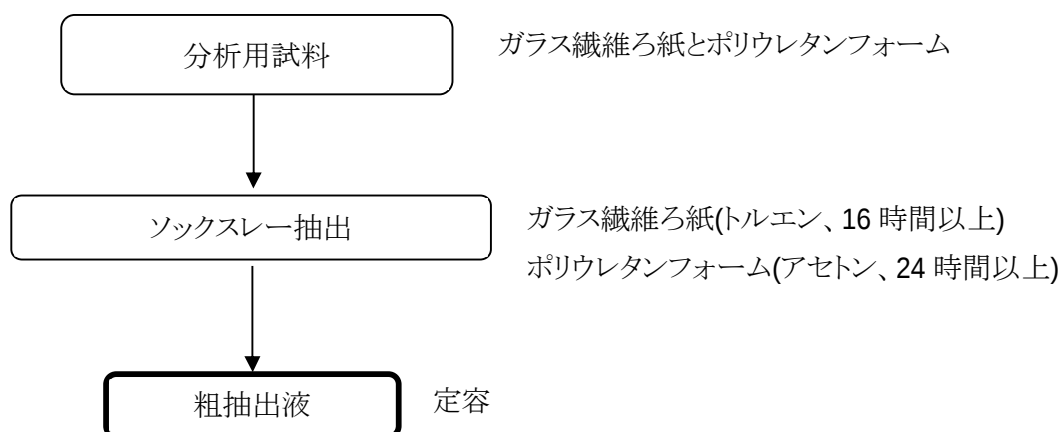


図 4-3 排水試料②抽出分析フロー

(4) 混合原料及び E-Scrap

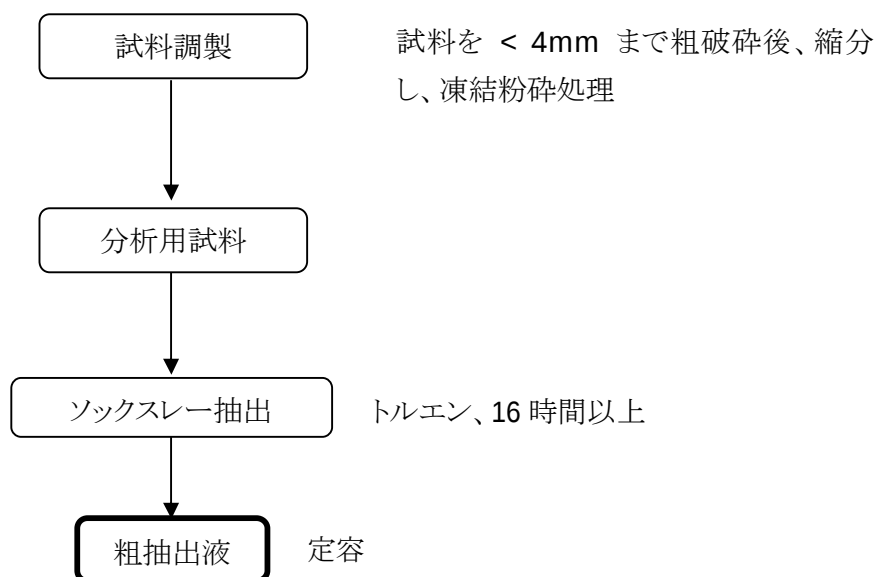


図 4-4 混合原料及び E-Scrap 試料抽出分析フロー

(5) 脱塩率及びクリンカ

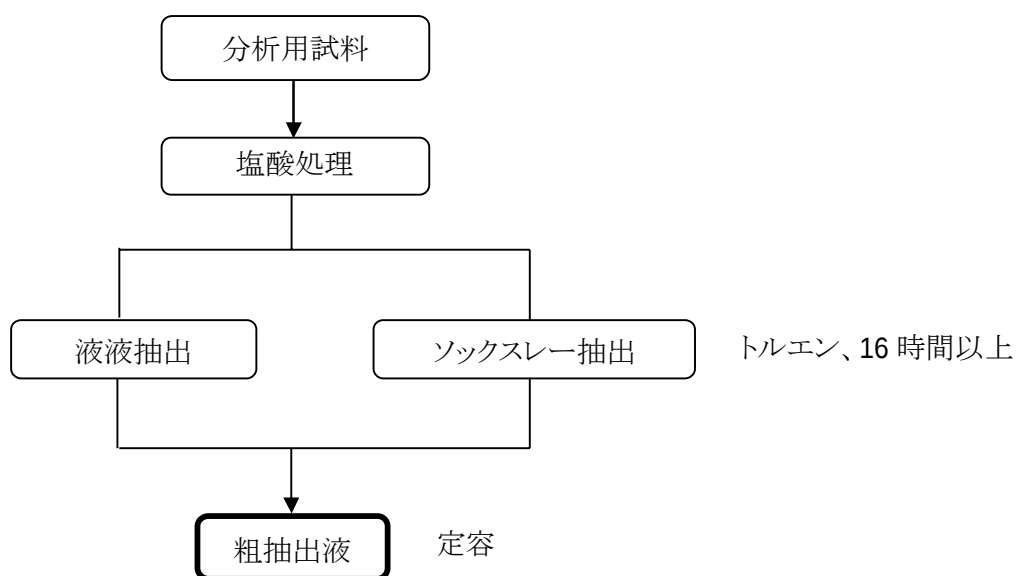


図 4-5 脱塩率及びクリンカ試料抽出分析フロー

(6) 各媒体共通分析フロー

① PBDD/Fs

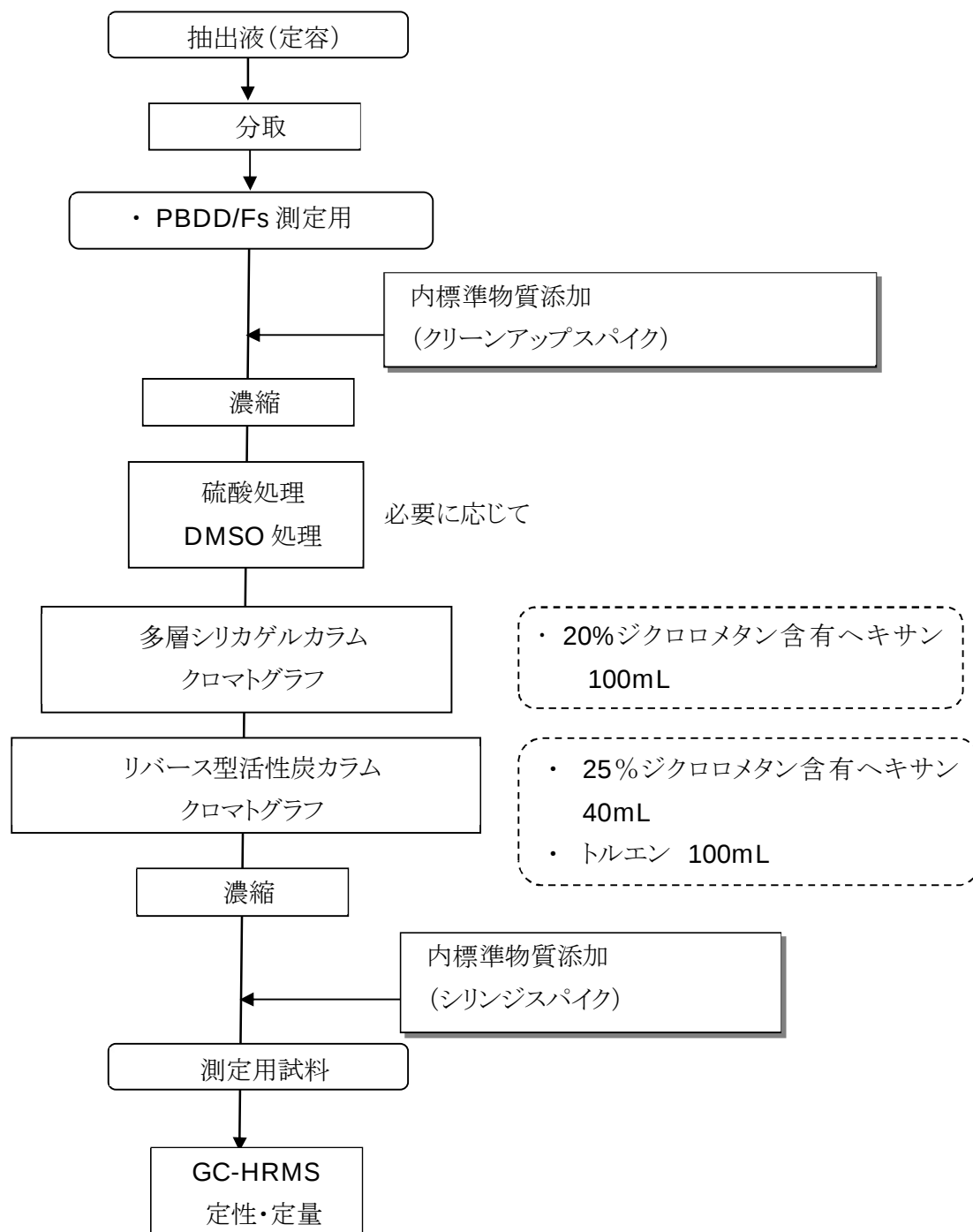


図 4-6 各媒体共通分析フロー (1)

② PBDEs、TBBPA、PBPhs、HBCDs

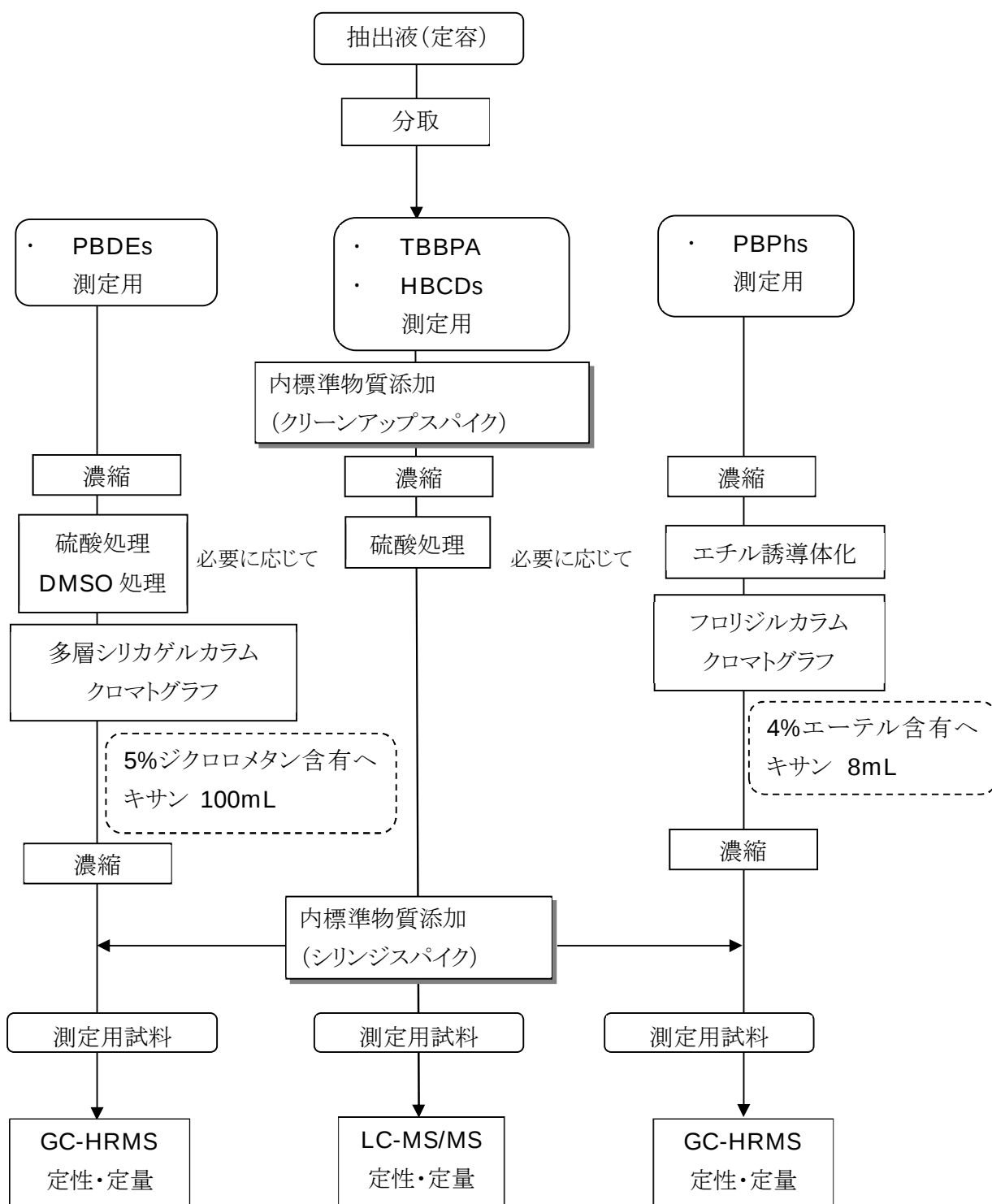


図 4-7 各媒体共通分析フロー (2)

③ PCDD/Fs、Co-PCB

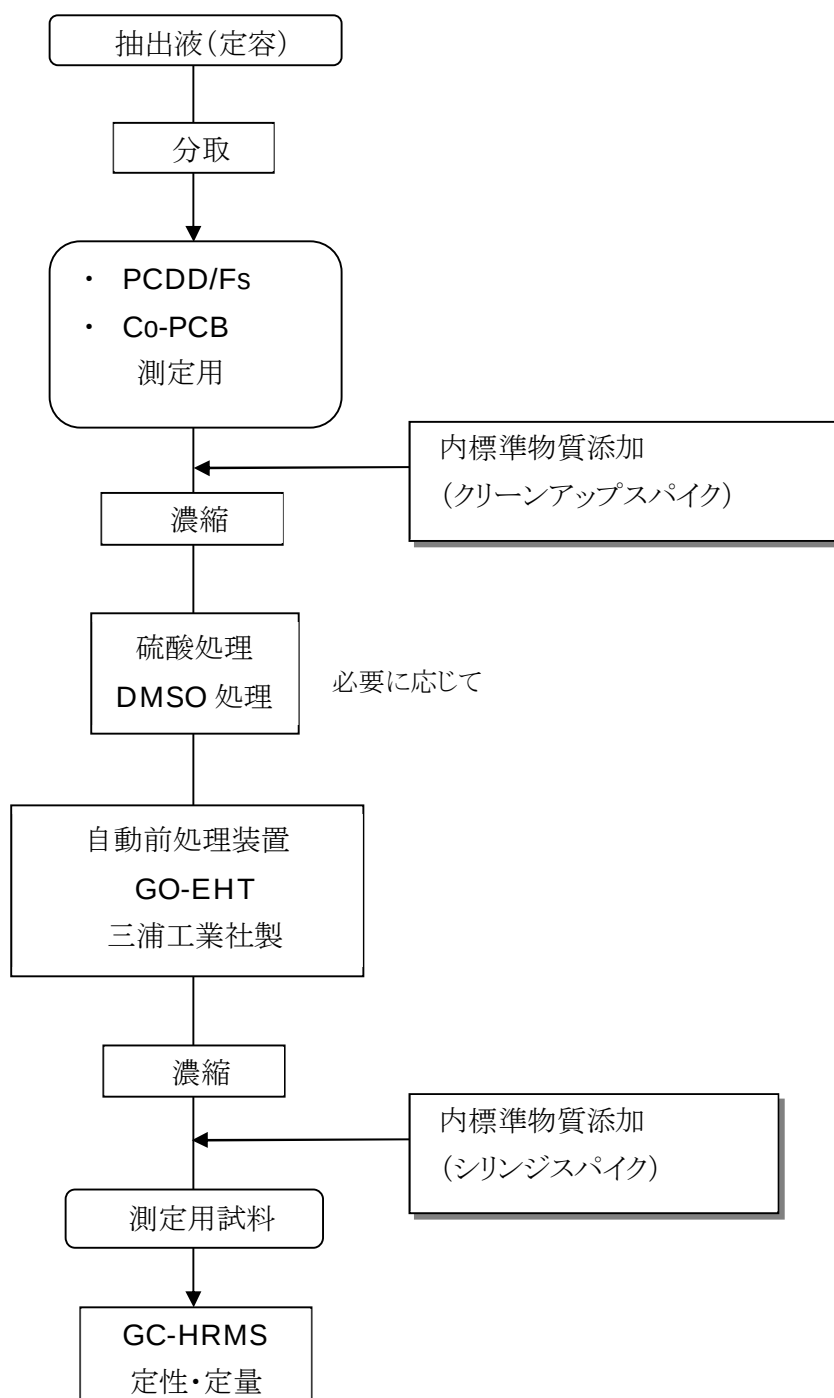


図 4-8 各媒体共通分析フロー (3)

4.4 測定条件

(1) PBDD/Fs

a. 分析装置

GC: Agilent-7890 (Agilent 社製)

MS: JMS-800D UltraFOCUS (日本電子社製)

b. GC 部条件

① 4～6 臭素化体

- ・ 分離カラム: DB-17HT (J&W 社製) 30m×0.25mm (id), 0.15μm
- ・ カラム温度: 150℃ (2min hold) → 10℃/min → 220℃ → 5℃/min → 280℃ (20min hold) → 20℃/min → 310℃ (14min hold)
- ・ 注入方法 : スプリットレス法

② 7～8 臭素化体

- ・ 分離カラム: DB-5MS (J&W 社製) 15m×0.25mm (id), 0.10μm
- ・ カラム温度: 170℃ (1min hold) → 15℃/min → 260℃ → 10℃/min → 310℃ (8min hold)
- ・ 注入方法 : スプリットレス法

c. MS 部条件

表 4-1 MS 設定条件

	4～6 臭素化体	7～8 臭素化体
イオン化方法	EI	EI
イオン化電圧	38 eV	38 eV
イオン化電流	500 μA	500 μA
加速電圧	10 kV	9 kV
インターフェース温度	280 °C	280 °C
イオン源温度	280 °C	280 °C
分解能	10,000 以上	10,000 以上

表 4-2 設定質量数

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

表 4-3 設定質量数(内標準物質)

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

(2) PBDEs

a. 分析装置

GC: HP-7890 (Agilent 社製)

MS: JMS-800D UltraFOCUS (日本電子社製)

b. GC 部条件

① 1～7 臭素化体

- ・ 分離カラム: HP-5MS (Agilent 社製) 30m×0.25mm (id), 0.25μm
- ・ カラム温度: 90℃ (2min hold) → 10℃/min → 190℃ → 5℃/min → 280℃ (13min hold) → 15℃/min → 310℃ (20min hold)

- ・ 注入方法 :スプリットレス法

② 8～10 臭素化体

- ・ 分離カラム:DB-5MS (J&W 社製)
fused silica capillary column 15m×0.25mm(id),0.10μm
- ・ カラム温度:150℃ (1.5min hold)→15℃/min→260℃→
10℃/min→310℃ (8min hold)
- ・ 注入方法 :スプリットレス法

c. MS 部条件

表 4-4 MS 設定条件

	1～7 臭素化体	8～10 臭素化体
イオン化方法	EI	EI
イオン化電圧	38 eV	38 eV
イオン化電流	500 μA	500 μA
加速電圧	10 kV	9 kV
インターフェース温度	280 °C	280 °C
イオン源温度	280 °C	280 °C
分解能	10,000 以上	10,000 以上

表 4-5 設定質量数

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

※フラグメントイオン

表 4-6 設定質量数(内標準物質)

	M ⁺	(M+2) ⁺	(M+4) ⁺	(M+6) ⁺	(M+8) ⁺	(M+10) ⁺
¹³ C ₁₂ -MoBDEs	260.0239	262.0219				
¹³ C ₁₂ -DiBDEs	337.9344	339.9324				
¹³ C ₁₂ -TrBDEs		417.8429	419.8409			
¹³ C ₁₂ -TeBDEs		495.7534	497.7514			
¹³ C ₁₂ -PeBDEs			575.6619	577.6599		
¹³ C ₁₂ -HxBDEs			653.5724	655.5704		
¹³ C ₁₂ -HpBDEs				733.4809	735.4789	
¹³ C ₁₂ -OBDEs	※[(M+4)-2Br]+651.5568		※[(M+6)-2Br]+653.5547		813.3894	815.3874
¹³ C ₁₂ -NoBDEs	※[(M+8)-2Br]+731.4652		※[(M+10)-2Br]+733.4632		891.2999	893.2979
¹³ C ₁₂ -DeBDE	※[(M+8)-2Br]+809.3757		※[(M+10)-2Br]+811.3737		969.2104	971.2084

※フラグメントイオン

(3) TBBPA 及び HBCDs

a. 分析装置

LC:1200 シリーズ (Agilent 社製)

MS/MS: Triple Quad 5500 (AB SCIEX 社製)

b. LC 部条件

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

・移動相: A:10 mM 酢酸アンモニウム溶液 B:CH₃CN

A:B=65:35 (1min)→(15min)→0:100 (5min)

・流速:0.2 mL/min

・カラム温度:40℃

・注入量:10 μL

c. MS/MS 部条件

表 4-7 MS/MS 設定条件

インターフェース	エレクトロスプレー (ESI)
モード	negative
カーテングス (CUR)	40 psi
イオンスプレー電圧 (IS)	-4,500V
プローブ温度 (TEM)	600 °C
コリジョンガス (CAD)	5 psi
イオンソースガス 1	50 psi
イオンソースガス 2	40 psi

表 4-8 設定質量数

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

表 4-9 設定質量数(内標準物質)

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

(4) PBPhs

a. 分析装置

GC: HP-6890(Agilent 社製)

MS: AutoSpec-Ultima NT(Waters 社製)

b. GC 部条件

- ・分離カラム:HP-5MS(Agilent 社製) 30m×0.25mm(id),0.15μm
- ・カラム温度:60℃(1min hold)→15℃/min→220℃→25℃/min
→320℃(5min hold)
- ・注入方法 :スプリットレス法

c. MS 部条件

表 4-10 MS 設定条件

イオン化方法	EI
イオン化電圧	38 eV
イオン化電流	500 μA
加速電圧	10 kV
インターフェース温度	250 °C
イオン源温度	250 °C
分解能	10,000 以上

表 4-11 設定質量数

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

表 4-12 設定質量数(内標準物質)

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

(5) PCDD/Fs 及び Co-PCB

a. 分析装置

GC: HP-7890 (Agilent 社製)

MS: AutoSpec-Premier (Waters 社製)

b. GC 部条件

① BPX-DXN 測定

- ・分離カラム: BPX-DXN (SGE 社製) 60m×0.25mm (id), 膜厚不明
- ・カラム温度: 130°C (1min hold) → 15°C/min → 210°C → 3°C/min
→ 310°C → 5°C/min → 320°C (8min hold)
- ・注入方法 : スプリットレス法

② RH-12ms 測定

- ・分離カラム: RH-12ms (Invetx 社製) 60m×0.25mm (id), 膜厚不明
- ・カラム温度: 130°C (1min hold) → 15°C/min → 210°C → 4°C/min
→ 310°C → 5°C/min → 320°C (8min hold)
- ・注入方法 : スプリットレス法

c.MS 部条件

表 4-13 MS 設定条件

	BPX-DXN 測定	RH-12ms 測定
イオン化方法	EI	EI
イオン化電圧	35 eV	35 eV
イオン化電流	500 μ A	500 μ A
加速電圧	10 kV	10 kV
インターフェース温度	250 $^{\circ}$ C	250 $^{\circ}$ C
イオン源温度	250 $^{\circ}$ C	250 $^{\circ}$ C
分解能	10,000 以上	10,000 以上

表 4-14 設定質量数

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

表 4-15 設定質量数(内標準物質)

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

4.5 検出下限値

検出下限算出方法

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

C_{DL} : 試料における検出下限 (pg (ng) / 試料単位)

MDL : 測定方法の検出下限 (pg (ng))

v_i : GC-HRMS (LC-MS/MS) への注入量 (μL)

v : 測定試料の液量 (μL)

V_E : 抽出液量 (mL)

V'_E : 抽出液の分取量 (mL)

V : 試料量

表 4-16 PBDD/Fs 検出下限値一覧表

試料の種類	排ガス	排水	総合排水	残さ・製品	投入物
試料量	7 m ³	20 L	200 L	20 g-dry	1 g
単位	ng/m ³	pg/L	pg/L	ng/g-dry	ng/g
2,3,7,8-TeBDD	0.0001	0.04	0.004	0.00004	0.02
1,2,3,7,8-PeBDD	0.0003	0.1	0.01	0.0001	0.06
1,2,3,4,7,8-HxBDD	0.002	0.6	0.06	0.0006	0.3
1,2,3,6,7,8-HxBDD	0.002	0.7	0.07	0.0007	0.4
1,2,3,7,8,9-HxBDD	0.002	0.5	0.05	0.0005	0.3
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	0.001	0.4	0.04	0.0004	0.2
OBDD	0.003	1	0.1	0.001	0.6
2,3,7,8-TeBDF	0.0001	0.04	0.004	0.00004	0.02
1,2,3,7,8-PeBDF	0.0005	0.2	0.02	0.0002	0.09
2,3,4,7,8-PeBDF	0.0007	0.2	0.02	0.0002	0.12
1,2,3,4,7,8-HxBDF	0.001	0.5	0.05	0.0005	0.3
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0.001	0.5	0.05	0.0005	0.2
OBDF	0.004	1	0.1	0.001	0.6

※ 検出下限値は、試料量及び分取量により異なる場合がある。

表 4-17 PBDEs、TBBPA 及び HBCDs 検出下限値一覧表

試料の種類	排ガス	排水	総合排水	残さ・製品	投入物
試料量	7 m ³	20 L	200 L	20 g-dry	1 g
単位	ng/m ³	ng/L	1g/L	ng/g-dry	ng/g
MoBDEs	0.5	0.2	0.02	0.2	0.7
4,4'-DiBDE (#15)	0.06	0.02	0.002	0.02	0.08
DiBDEs	0.07	0.02	0.002	0.02	0.1
2,4,4'-TrBDE (#28)	0.1	0.04	0.004	0.04	0.1
TrBDEs	0.1	0.04	0.004	0.04	0.1
2,2',4,4'-TeBDE (#47)	0.1	0.05	0.005	0.05	0.2
TeBDEs	0.2	0.06	0.006	0.06	0.2
2,2',4,4',6-PeBDE (#100)	0.1	0.04	0.004	0.04	0.1
2,2',4,4',5-PeBDE (#99)	0.1	0.05	0.005	0.05	0.2
PeBDEs	0.2	0.05	0.005	0.05	0.2
2,2',4,4',5,6'-HxBDE (#154)	0.1	0.05	0.005	0.05	0.2
2,2',4,4',5,5'-HxBDE (#153)	0.3	0.1	0.01	0.1	0.5
HxBDEs	0.4	0.1	0.01	0.1	0.6
2,2',3,4,4',5,6'-HpBDE (#183)	0.8	0.3	0.03	0.3	1
HpBDEs	0.6	0.2	0.02	0.2	0.9
OBDEs	0.2	0.08	0.008	0.08	0.3
NBDEs	0.4	0.1	0.01	0.1	0.6
2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'-DeBDE (#209)	0.6	0.2	0.02	0.2	0.9
α-HBCD	0.02	0.007	0.0007	0.007	0.1
β-HBCD	0.03	0.009	0.0009	0.009	0.2
γ-HBCD	0.05	0.02	0.002	0.02	0.4
TBBPA	0.1	0.04	0.004	0.04	0.7

※ 検出下限値は、試料量及び分取量により異なる場合がある。

表 4-18 PBPhs 検出下限値一覧表

試料の種類	排ガス	排水	総合排水	残さ・製品	投入物
試料量	7 m ³	20 L	200 L	20 g-dry	1 g
単位	ng/m ³	pg/L	pg/L	ng/g-dry	ng/g
2-MoBPh	2	0.6	0.06	0.6	100
3/4-MoBPh	2	0.6	0.06	0.6	100
2,6-DiBPh	2	0.6	0.06	0.6	100
2,5/3,5-DiBPh	2	0.6	0.06	0.6	100
2,4-DiBPh	2	0.6	0.06	0.6	100
3,4-DiBPh	2	0.6	0.06	0.6	100
2,3-DiBPh	2	0.6	0.06	0.6	100
2,4,6-TrBPh	2	0.6	0.06	0.6	100
2,3,6-TrBPh	2	0.6	0.06	0.6	100
2,4,5-TrBPh	2	0.6	0.06	0.6	100
2,3,5-TrBPh	2	0.6	0.06	0.6	100
3,4,5-TrBPh	2	0.6	0.06	0.6	100
2,3,4-TrBPh	2	0.6	0.06	0.6	100
2,3,4,5-TeBPh	2	0.6	0.06	0.6	100
2,3,4,6-TeBPh	2	0.6	0.06	0.6	100
2,3,5,6-TeBPh	2	0.6	0.06	0.6	100
2,3,4,5,6-PeBPh	2	0.6	0.06	0.6	100

※ 検出下限値は、試料量及び分取量により異なる場合がある。

表 4-19 PCDD/Fs 及び Co-PCBs 検出下限値一覧表

試料の種類	排ガス	排水	総合排水	残さ・製品	投入物
試料量	7 m ³	20 L	200 L	20 g-dry	1 g
単位	ng/m ³	pg/L	pg/L	ng/g-dry	ng/g
2,3,7,8-TeCDD	0.001	0.1	0.1	0.001	0.03
1,2,3,7,8-PeCDD	0.001	0.2	0.2	0.001	0.02
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.002	0.2	0.2	0.001	0.02
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.002	0.2	0.2	0.001	0.03
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.001	0.1	0.1	0.002	0.03
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.001	0.2	0.2	0.002	0.04
OCDD	0.002	0.2	0.2	0.002	0.04
2,3,7,8-TeCDF	0.002	0.2	0.2	0.0006	0.01
1,2,3,7,8-PeCDF	0.002	0.2	0.2	0.001	0.02
2,3,4,7,8-PeCDF	0.001	0.1	0.1	0.0007	0.01
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.001	0.2	0.2	0.001	0.02
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.002	0.2	0.2	0.001	0.02
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.002	0.2	0.2	0.0009	0.02
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.001	0.2	0.2	0.0009	0.02
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.002	0.1	0.1	0.001	0.02
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.002	0.2	0.2	0.001	0.03
OCDF	0.003	0.2	0.2	0.002	0.04
3,4,4',5-TeCB(#81)	0.0006	0.1	0.1	0.001	0.02
3,3',4,4'-TeCB(#77)	0.001	0.2	0.2	0.0006	0.01
3,3',4,4',5-PeCB(#126)	0.001	0.1	0.1	0.0006	0.01
3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	0.001	0.1	0.1	0.0008	0.02
2',3,4,4',5-PeCB(#123)	0.001	0.1	0.1	0.001	0.02
2,3',4,4',5-PeCB(#118)	0.001	0.2	0.2	0.001	0.02
2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	0.001	0.2	0.2	0.0009	0.02
2,3,4,4',5-PeCB(#114)	0.001	0.2	0.2	0.001	0.02
2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	0.001	0.09	0.09	0.0008	0.02
2,3,3',4,4',5-HxCB(#156)	0.002	0.1	0.1	0.001	0.02
2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	0.002	0.1	0.1	0.0005	0.01
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	0.002	0.2	0.2	0.001	0.02

※ 検出下限値は、試料量及び分取量により異なる場合がある。

5. 調査結果（総括表）

（1）臭素化ダイオキシン類（PBDD/Fs）

① 銅一次精錬施設

a.排ガス

表 5-1 排ガスの分析結果（毒性等量相当値）（ng-TEQ /m³）

物質名	①排ガス (急冷塔出口) *	②排ガス (煙突前) *	③排ガス (No.2 高排気塔)	④排ガス (No.3 高排気塔)
PBDDs	0.013	0.00046	0.00051	0.00051
	0.012	0	0	0
PBDFs	0.018	0.0011	0.00019	0.00017
	0.018	0.0011	0.00002	0
PBDD/Fs	0.031	0.0015	0.00069	0.00068
	0.030	0.0011	0.00002	0

注 1) PBDD/Fs (TEQ) は、WHO/IPCS(2006)による PCDD/Fs の TEF により算出した参考値である。

注 2) 毒性等量相当値の表中の上段は検出下限値未満を検出下限値の 1/2 として算出したもの、下段の数値は検出下限値未満を「0」として算出したものである。

注 3) 「*」の毒性等量値は、酸素 12%換算濃度から算出した値である。

表 5-2 排ガスの分析結果（実測濃度）（ng/ m³）

物質名	①排ガス (急冷塔出口)	②排ガス (煙突前)	③排ガス (No.2 高排気塔)	④排ガス (No.3 高排気塔)
PBDDs	0.22	0.028	0.0012	ND
PBDFs	0.37	0.041	0.006	0.003
PBDD/Fs	0.59	0.069	0.007	0.003

注) 表中の「ND」は、検出下限値未満であることを示す。

b.排水

表 5-3 排水の分析結果（毒性等量相当値）（pg-TEQ/L）

物質名	⑤スクラバ ー排水	⑥フィルタ ープレス水 (溶融飛灰)	⑦硫酸工場 ダスト排水	⑧フィルタ ープレス水 (硫酸工場)	⑨総合排水
PBDDs	58	0.17	15	0.16	0.016
	58	0.011	15	0	0
PBDFs	8.6	0.070	110	1.2	0.037
	8.6	0.010	110	1.2	0.033
PBDD/Fs	66	0.24	120	1.4	0.053
	66	0.021	120	1.2	0.033

注 1) PBDD/Fs (TEQ) は、WHO/IPCS(2006)による PCDD/Fs の TEF により算出した参考値である。

注 2) 毒性等量相当値の表中の上段は検出下限値未満を検出下限値の 1/2 として算出したもの、下段の数値は検出下限値未満を「0」として算出したものである。

表 5-4 排水の分析結果（実測濃度）（pg/L）

物質名	⑤スクラバー排水	⑥フィルタープレス水（溶融飛灰）	⑦硫酸工場ダスト排水	⑧フィルタープレス水（硫酸工場）	⑨総合排水
PBDDs	3,200	1.7	260	5.4	0.40
PBDFs	470	5	7,800	220	11
PBDD/Fs	3,700	7	8,100	230	12

c. 投入・排出固形物

表 5-5 投入・排出固形物の分析結果（毒性等量相当値）（ng-TEQ/g）

物質名	⑩混合原料	⑪脱塩率	⑫E-Scrap
PBDDs	0.11	0.00081	0.096
	0.094	0.00071	0.0058
PBDFs	0.64	0.0051	0.30
	0.64	0.0051	0.28
PBDD/Fs	0.75	0.0059	0.39
	0.74	0.0058	0.29

注 1) PBDD/Fs (TEQ) は、WHO/IPCS(2006)による PCDD/Fs の TEF により算出した参考値である。

注 2) 毒性等量相当値の表中の上段は検出下限値未満を検出下限値の 1/2 として算出したもの、下段の数値は検出下限値未満を「0」として算出したものである。

注 3) ⑪脱塩率の単位は ng-TEQ /g-dry

表 5-6 投入・排出固形物の分析結果（実測濃度）（ng/g）

物質名	⑩混合原料	⑪脱塩率	⑫E-Scrap
PBDDs	350	0.012	200
PBDFs	430	0.11	160
PBDD/Fs	780	0.12	360

注) ⑪脱塩率の単位は ng/g-dry

②セメント製造施設

a.排ガス

表 5-7 B 施設の排ガスの分析結果（毒性等量相当値）（ng-TEQ/ m³）

物質名	排ガス (EP 出口)	排ガス (BF 出口)
PBDDs	0.00041	0.00031
	0.00001	0.000019
PBDFs	0.00018	0.00016
	0.000041	0.000022
PBDD/Fs	0.00058	0.00047
	0.000051	0.000040

注 1) PBDD/Fs (TEQ) は、WHO/IPCS(2006)による PCDD/Fs の TEF により算出した参考値である。

注 2) 毒性等量相当値の表中の上段は検出下限値未満を検出下限値の 1/2 として算出したもの、下段の値は検出下限値未満を「0」として算出したものである。

注 3) 毒性等量値は、酸素 12%換算濃度から算出した値である。

表 5-8 C 施設の排ガスの分析結果（毒性等量相当値）（ng-TEQ/ m³）

物質名	排ガス-1 (EP-620)	排ガス-1 (EP-630)	排ガス-1 (EP-650)	排ガス-2 (EP-701)
PBDDs	0.00041	0.00056	0.00046	0.00046
	0	0	0	0
PBDFs	0.00026	0.00034	0.00025	0.00018
	0.00012	0.00012	0.00010	0.000014
PBDD/Fs	0.00067	0.00089	0.00070	0.00064
	0.00012	0.00012	0.00010	0.000014

注 1) PBDD/Fs (TEQ) は、WHO/IPCS(2006)による PCDD/Fs の TEF により算出した参考値である。

注 2) 毒性等量相当値の表中の上段は検出下限値未満を検出下限値の 1/2 として算出したもの、下段の数値は検出下限値未満を「0」として算出したものである。

注 3) 毒性等量値は、酸素 12%換算濃度から算出した値である。

表 5-9 B 施設の排ガスの分析結果（実測濃度）（ng/ m³）

物質名	排ガス (EP 出口)	排ガス (BF 出口)
PBDDs	0.003	0.0021
PBDFs	0.012	0.011
PBDD/Fs	0.015	0.013

表 5-10 C 施設の排ガスの分析結果（実測濃度）（ng/ m³）

物質名	排ガス-1 (EP-610)	排ガス-1 (EP-630)	排ガス-1 (EP-650)	排ガス-2 (EP-701)
PBDDs	0.0002	0.0007	0.0014	0.0002
PBDFs	0.014	0.009	0.007	0.005
PBDD/Fs	0.014	0.010	0.008	0.005

b.製品

表 5-11 B 施設の製品の分析結果（毒性等量相当値）（ng-TEQ/g-dry）

物質名	クリンカ
PBDDs	0.00094
	0.00004
PBDFs	0.00033
	0
PBDD/Fs	0.0013
	0.00004

注 1) PBDD/Fs (TEQ) は、WHO/IPCS(2006)による PCDD/Fs の TEF により算出した参考値である。

注 2) 毒性等量相当値の表中の上段は検出下限値未満を検出下限値の 1/2 として算出したもの、下段の数値は検出下限値未満を「0」として算出したものである。

表 5-12 C 施設の製品の分析結果（毒性等量相当値）（ng-TEQ/g-dry）

物質名	クリンカ-1	クリンカ-2
PBDDs	0.00016	0.00016
	0	0
PBDFs	0.000065	0.000063
	0.000005	0
PBDD/Fs	0.00023	0.00022
	0.000005	0

注 1) PBDD/Fs (TEQ) は、WHO/IPCS(2006)による PCDD/Fs の TEF により算出した参考値である。

注 2) 毒性等量相当値の表中の上段は検出下限値未満を検出下限値の 1/2 として算出したもの、下段の数値は検出下限値未満を「0」として算出したものである。

表 5-13 B 施設の製品の分析結果（実測濃度）（ng/g-dry）

物質名	クリンカ
PBDDs	0.004
PBDFs	ND
PBDD/Fs	0.004

注) 表中の「ND」は、検出下限値未満であることを示す。

表 5-14 C 施設の製品の分析結果（実測濃度）（ng/g-dry）

物質名	クリンカ-1	クリンカ-2
PBDDs	0.00083	ND
PBDFs	0.0011	ND
PBDD/Fs	0.0019	ND

注）表中の「ND」は、検出下限値未満であることを示す。

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

① 銅一次精錬施設

a. 排ガス

表 5-15 排ガスの分析結果 (実測濃度) (ng/ m³)

物質名	①排ガス (急冷塔出口)	②排ガス (煙突前)	③排ガス (No.2 高排気塔)	④排ガス (No.3 高排気塔)
PBDEs	2.2	1.1	20	0.7
DeBDE	1.5	0.7	0.8	0.7
TBBPA	12	2.1	ND	ND
PBPhs	27,000	22,000	36	52
HBCDs	ND	ND	ND	ND

注) 表中の「ND」は、検出下限値未満であることを示す。

b. 排水

表 5-16 排水の分析結果 (実測濃度) (ng/L)

物質名	⑤スクラバ ー排水	⑥フィルタ ープレス水 (溶融飛灰)	⑦硫酸工場 ダスト排水	⑧フィルタ ープレス水 (硫酸工場)	⑨総合排水
PBDEs	8.2	1.5	1.4	4.5	2.4
DeBDE	1.8	1.5	0.8	3.9	2.3
TBBPA	16	1.3	3.3	0.76	2.7
PBPhs	980	1.4	750	8.9	13
HBCDs	ND	ND	ND	ND	ND

注) 表中の「ND」は、検出下限値未満であることを示す。

c. 投入・排出固形物

表 5-17 投入・排出固形物の分析結果 (実測濃度) (ng/g)

物質名	⑩混合原料	⑪脱塩率	⑫E-Scrap
PBDEs	460,000	0.7	390,000
DeBDE	390,000	0.7	370,000
TBBPA	1,400,000	1.6	720,000
PBPhs	84,000	5.1	24,000
HBCDs	1,800	ND	9.1

注 1) 表中の「ND」は、検出下限値未満であることを示す。

注 2) ⑪脱塩率の単位は ng/g-dry

② セメント製造施設

a. 排ガス

表 5-18 B 施設の排ガスの分析結果（実測濃度）（ng/ m³）

物質名	排ガス (EP 出口)	排ガス (BF 出口)
PBDEs	21	18
DeBDE	20	17
TBBPA	—	—
PBPhs	400	820
HBCDs	—	—

注) 表中の「—」は、未測定であることを示す。

表 5-19 C 施設の排ガスの分析結果（実測濃度）（ng/ m³）

物質名	排ガス-1 (EP-610)	排ガス-1 (EP-630)	排ガス-1 (EP-650)	排ガス-2 (EP-701)
PBDEs	0.49	0.54	0.42	1.5
DeBDE	0.45	0.54	0.41	0.26
TBBPA	ND	0.9	ND	ND
PBPhs	130	100	120	11,000
HBCDs	ND	ND	ND	ND

注) 表中の「ND」は、検出下限値未満であることを示す。

b. 製品

表 5-20 B 施設の製品の分析結果（実測濃度）（ng/g-dry）

物質名	クリンカ
PBDEs	6.6
DeBDE	6.2
TBBPA	—
PBPhs	ND
HBCDs	—

注 1) 表中の「ND」は、検出下限値未満であることを示す。

注 2) 表中の「—」は、未測定であることを示す。

表 5-21 C 施設の製品の分析結果（実測濃度）（ng/g-dry）

物質名	クリンカ-1	クリンカ-2
PBDEs	0.08	0.07
DeBDE	0.06	0.05
TBBPA	ND	ND
PBPhs	3.0	0.5
HBCDs	ND	ND

注) 表中の「ND」は、検出下限値未満であることを示す。

(3) 塩素化ダイオキシン類（PCDD/Fs、Co-PCB）

① 銅一次精錬施設

a. 排ガス

表 5-22 排ガスの分析結果（毒性等量値）（ng-TEQ / m³）

物質名	①排ガス (急冷塔出口) *	②排ガス (煙突前) *	③排ガス (No.2 高排気塔)	④排ガス (No.3 高排気塔)
PCDDs	0.14	0.0011	0.0011	0.0011
	0.14	0.000030	0	0
PCDFs	2.6	0.00062	0.00050	0.00056
	2.6	0.00015	0.000022	0
Co-PCB	0.0029	0.00011	0.00041	0.000067
	0.0029	0.000093	0.00039	0.0000020
PCDD/Fs 、Co-PCB	2.7	0.0018	0.0020	0.0017
	2.7	0.00028	0.00041	0.0000020

注 1) TEF は、WHO/IPCS(2006)の TEF を適用した。

注 2) 毒性等量値の表中の上段は検出下限値未満を検出下限値の 1/2 として算出したもの、下段の数値は検出下限値未満を「0」として算出したものである。

注 3) 「*」の毒性等量値は、酸素 12%換算濃度から算出した値である。

表 5-23 排ガスの分析結果（実測濃度）（ng/ m³）

物質名	①排ガス (急冷塔出口)	②排ガス (煙突前)	③排ガス (No.2 高排気塔)	④排ガス (No.3 高排気塔)
PCDDs	57	0.013	0.005	0.001
PCDFs	810	0.085	0.010	ND
Co-PCB	0.51	0.077	6.1	0.047
PCDD/Fs 、Co-PCB	860	0.18	6.1	0.048

注) 表中の「ND」は、検出下限値未満であることを示す。

b.排水

表 5-24 排水の分析結果（毒性等量値）（pg-TEQ/L）

物質名	⑤スクラバー排水	⑥フィルタープレス水（溶融飛灰）	⑦硫酸工場ダスト排水	⑧フィルタープレス水（硫酸工場）	⑨総合排水
PCDDs	5.1	0.29	38	0.52	0.020
	5.0	0.19	38	0.47	0.0029
PCDFs	7.4	1.1	400	0.86	0.011
	7.4	1.1	400	0.86	0.0088
Co-PCB	1.5	0.11	4.4	0.11	0.0033
	1.5	0.11	4.4	0.11	0.0031
PCDD/Fs、Co-PCB	14	1.5	450	1.5	0.034
	14	1.4	450	1.4	0.015

注 1) TEF は、WHO/IPCS(2006)の TEF を適用した。

注 2) 毒性等量値の表中の上段は検出下限値未満を検出下限値の 1/2 として算出したもの、下段の数値は検出下限値未満を「0」として算出したものである。

表 5-25 排水の分析結果（実測濃度）（pg/L）

物質名	⑤スクラバー排水	⑥フィルタープレス水（溶融飛灰）	⑦硫酸工場ダスト排水	⑧フィルタープレス水（硫酸工場）	⑨総合排水
PCDDs	390	88	940	35	3.7
PCDFs	490	200	24,000	64	0.54
Co-PCB	100	9.4	110	34	4.0
PCDD/Fs、Co-PCB	980	300	25,000	130	8.2

c.投入・排出固形物

表 5-26 投入・排出固形物の分析結果（毒性等量値）（ng-TEQ/g）

物質名	⑩混合原料	⑪脱塩率	⑫E-Scrap
PCDDs	0.024	0.036	0.023
	0.00076	0.036	0.000027
PCDFs	0.043	0.088	0.0054
	0.043	0.088	0
Co-PCB	0.0098	0.0029	0.0048
	0.0094	0.0029	0.0047
PCDD/Fs、Co-PCB	0.076	0.13	0.033
	0.053	0.13	0.0047

注 1) TEF は、WHO/IPCS(2006)の TEF を適用した。

注 2) 毒性等量値の表中の上段は検出下限値未満を検出下限値の 1/2 として算出したもの、下段の数値は検出下限値未満を「0」として算出したものである。

注 3) ⑪脱塩率の単位は ng-TEQ/g-dry

表 5-27 投入・排出固形物の分析結果（実測濃度）（ng/g）

物質名	⑩混合原料	⑪脱塩率	⑫E-Scrap
PCDDs	0.83	7.3	0.09
PCDFs	2.5	27	ND
Co-PCB	200	0.13	30
PCDD/Fs、Co-PCB	200	35	30

注 1) 表中の「ND」は、検出下限値未満であることを示す。

注 2) ⑪脱塩率の単位は ng/g-dry

② セメント製造施設

a.排ガス

表 5-28 B 施設の排ガスの分析結果（毒性等量値）（ng-TEQ/ m³）

物質名	排ガス (EP 出口)	排ガス (BF 出口)
PCDDs	0.0056	0.00088
	0.0056	0.00000060
PCDFs	0.0085	0.00038
	0.0085	0.00010
Co-PCB	0.0036	0.000061
	0.0036	0.0000059
PCDD/Fs、Co-PCB	0.018	0.0013
	0.018	0.00011

注 1) TEF は、WHO/IPCS(2006)の TEF を適用した。

注 2) 毒性等量相当値の表中の上段は検出下限値未満を検出下限値の 1/2 として算出したもの、下段の数値は検出下限値未満を「0」として算出したものである。

注 3) 毒性等量値は、酸素 12%換算濃度から算出した値である。

表 5-29 C 施設の排ガスの分析結果（毒性等量値）（ng-TEQ/ m³）

物質名	排ガス-1 (EP-610)	排ガス-1 (EP-630)	排ガス-1 (EP-650)	排ガス-2 (EP-701)
PCDDs	0.0012	0.0012	0.0050	0.0033
	0.000040	0.000048	0.0045	0.0027
PCDFs	0.00046	0.00056	0.0037	0.0016
	0.00017	0.00020	0.0037	0.0016
Co-PCB	0.000066	0.00011	0.00052	0.00024
	0.0000012	0.000093	0.00051	0.00022
PCDD/Fs、Co-PCB	0.0017	0.0019	0.0092	0.0052
	0.00021	0.00034	0.0087	0.0045

注 1) TEF は、WHO/IPCS(2006)の TEF を適用した。

注 2) 毒性等量値の表中の上段は検出下限値未満を検出下限値の 1/2 として算出したもの、下段の数値は検出下限値未満を「0」として算出したものである。

注 3) 毒性等量値は、酸素 12%換算濃度から算出した値である。

表 5-30 B 施設の排ガスの分析結果（実測濃度）（ng/ m³）

物質名	排ガス (EP 出口)	排ガス (BF 出口)
PCDDs	0.20	0.0056
PCDFs	1.3	0.038
Co-PCB	0.51	0.13
PCDD/Fs、Co-PCB	2.0	0.17

表 5-31 C 施設の排ガスの分析結果（実測濃度）（ng/ m³）

物質名	排ガス-1 (EP-610)	排ガス-1 (EP-630)	排ガス-1 (EP-650)	排ガス-2 (EP-701)
PCDDs	0.018	0.048	0.60	0.46
PCDFs	0.035	0.13	0.48	0.24
Co-PCB	0.030	0.050	0.080	0.29
PCDD/Fs、Co-PCB	0.082	0.23	1.2	0.99

b. 製品

表 5-32 B 施設の製品の分析結果（毒性等量値）（ng-TEQ/g-dry）

物質名	クリンカ
PCDDs	0.00053
	0.00000021
PCDFs	0.00014
	0.00000021
Co-PCB	0.000015
	0.00000091
PCDD/Fs、Co-PCB	0.00068
	0.0000013

注 1) TEF は、WHO/IPCS(2006)の TEF を適用した。

注 2) 毒性等量値の表中の上段は検出下限値未満を検出下限値の 1/2 として算出したもの、下段の数値は検出下限値未満を「0」として算出したものである。

表 5-33 C 施設の製品の分析結果（毒性等量値）（ng-TEQ/g-dry）

物質名	クリンカ-1	クリンカ-2
PCDDs	0.00042	0.00042
	0.000014	0.000012
PCDFs	0.00016	0.00016
	0.000012	0.0000095
Co-PCB	0.000019	0.000015
	0.0000044	0.00000048
PCDD/Fs、Co-PCB	0.00060	0.00059
	0.000030	0.000022

注 1) TEF は、WHO/IPCS(2006)の TEF を適用した。

注 2) 毒性等量値の表中の上段は検出下限値未満を検出下限値の 1/2 として算出したもの、下段の数値は検出下限値未満を「0」として算出したものである。

表 5-34 B 施設の製品の分析結果（実測濃度）（ng/g-dry）

物質名	クリンカ
PCDDs	0.0007
PCDFs	0.0007
Co-PCB	0.027
PCDD/Fs、Co-PCB	0.028

表 5-35 C 施設の製品の分析結果（実測濃度）（ng/g-dry）

物質名	クリンカ-1	クリンカ-2
PCDDs	0.0091	0.0062
PCDFs	0.0035	0.0027
Co-PCB	0.14	0.014
PCDD/Fs、Co-PCB	0.16	0.023

6. まとめ及び考察

今回の報告では、臭素系難燃剤を使用した製品がリサイクルされる等の理由により臭素系ダイオキシン類の排出が疑われるが未測定である銅一次精錬施設（A 施設）、臭素系ダイオキシン類の大気系への排出量が多い発生源であるセメント製造施設（B 施設、C 施設）を対象に実施した排出実態調査の結果の取りまとめを行った。

なお、銅一次精錬施設の A 施設は、有価リサイクル施設（産業廃棄物焼却施設）、銅一次精錬施設、硫酸工場及び排水処理施設で構成され、そのうち有価リサイクル施設（産業廃棄物焼却施設）は、2012 年度の産廃焼却炉 F 施設と同じである。また、銅一次精錬施設では、シュレッダーダスト・基板類を原料として比較的多く利用しており、本調査では有価リサイクル施設（産業廃棄物焼却施設）に投入される混合原料、銅一次精錬施設に投入される E-Scrap について試料を採取した。

6.1 銅一次精錬施設

(1) 排ガス

a.PBDD/Fs

PBDD/Fs 実測濃度は、排ガス処理前の①排ガス（急冷塔出口）で 0.59 ng/m^3 であり、毒性等量相当値（ND=0）は、 0.030 ng-TEQ/m^3 であった。

最終排出口である②排ガス（煙突前）では 0.069 ng/m^3 、③排ガス（No.2 高排気塔）では 0.007 ng/m^3 、④排ガス（No.3 高排気塔）では 0.003 ng/m^3 であり、毒性等量相当値（ND=0）は、②排ガス（煙突前）で $0.0011 \text{ ng-TEQ/m}^3$ 、③排ガス（No.2 高排気塔）で $0.00002 \text{ ng-TEQ/m}^3$ 、④排ガス（No.3 高排気塔）で 0 ng-TEQ/m^3 であった。

②排ガス（煙突前）と同一地点である 2012 年度 F 施設の最終排出口の濃度と比較すると、1 桁低い濃度レベルであった（図 6-1、表 6-1）。

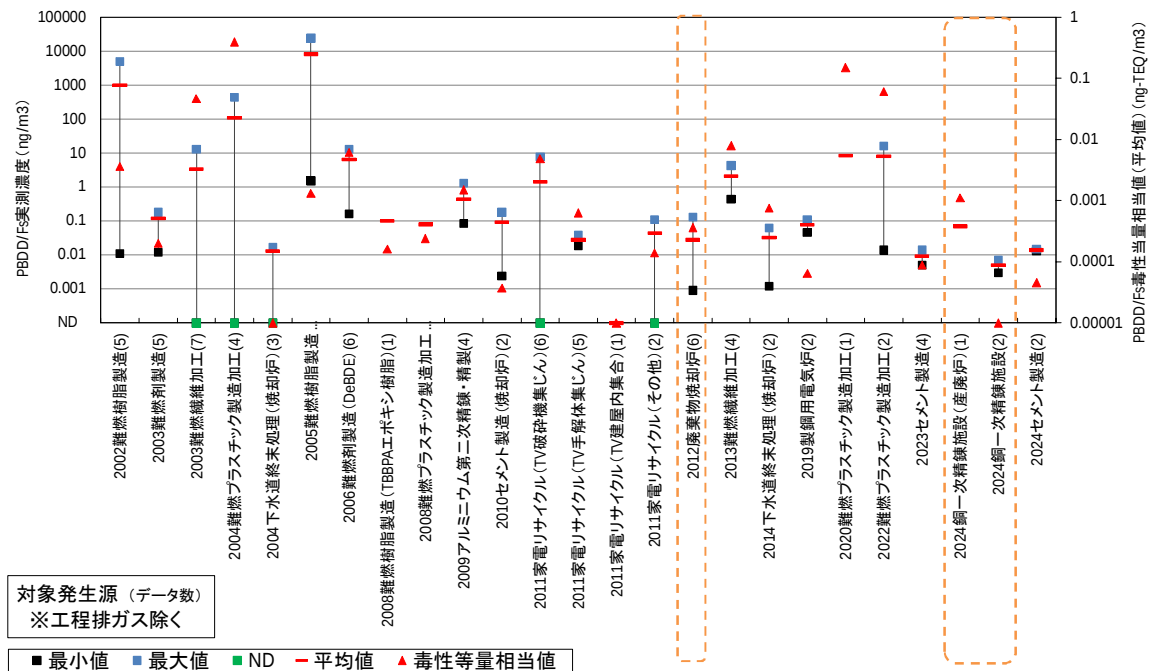


図6-1 排ガスにおけるPBDD/Fs検出状況(産業廃棄物焼却炉・銅一次精錬施設)

表 6-1 銅一次精錬施設の排ガス分析結果

調査 年度	施 設 名	試料名	PBDD/Fs		PCDD/Fs,Co-PCB		PBDEs	HBCDs	TBBPA	PBPhs	備考
			実測濃度（左）：ng/ m ³ 毒性等量（右）：ng-TEQ/ m ³				実測濃度（ng/ m ³ ）				
2012 (H24)	C	最終排出口＊	0.018	0	未測定	未測定	0.45	0.2	0.05	17	産業廃棄物焼却炉
	D	最終排出口＊	0.0009	0	未測定	未測定	0.61	0.2	ND	20	産業廃棄物焼却炉
	E	最終排出口＊	0.009	0.00002	未測定	未測定	0.92	0.1	ND	5.3	産業廃棄物焼却炉
	F	最終排出口＊	0.13	0.0021	未測定	未測定	1.8	ND	1.1	6000	産業廃棄物焼却炉 2024-A と同一地点
2024 (R6)	A	①排ガス （急冷塔出口）＊	0.59	0.030	860	2.7	2.2	ND	12	27,000	産業廃棄物焼却炉
		②排ガス （煙突前）＊	0.069	0.0011	0.18	0.00028	1.1	ND	2.1	22,000	産業廃棄物焼却炉 2012-F と同一地点
		③排ガス （No.2 高排気塔）	0.007	0.00002	6.1	0.00041	20	ND	ND	36	銅一次製錬施設
		④排ガス （No.3 高排気塔）	0.003	0	0.048	0.0000020	0.7	ND	ND	52	銅一次製錬施設

注 1) TEF は、WHO/IPCS(2006)の TEF を適用した。

注 2) 毒性等量値は検出下限値未満を「0」として算出したものである。

注 3) 「*」の毒性等量相当値は、酸素 12%換算濃度から算出した値である。

注 4) 表中の「ND」は、検出下限値未満であることを示す。

注 5) 2012 年は PBPhs を測定していなかったため、PBPhs の欄には TrBPhs の測定結果を示す。

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

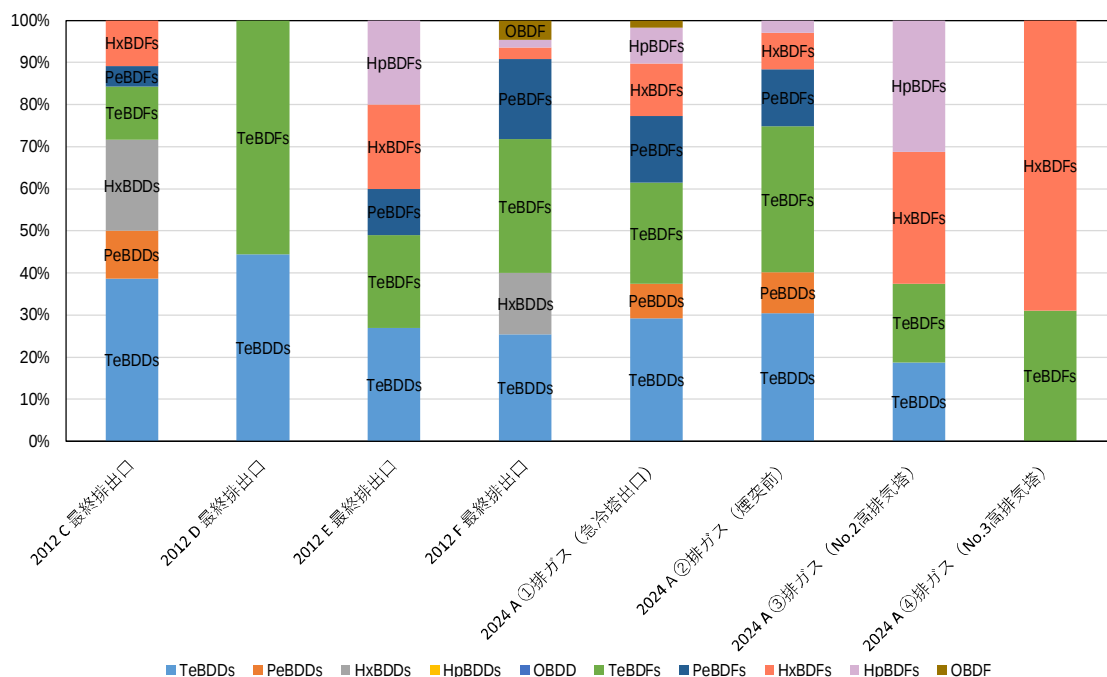
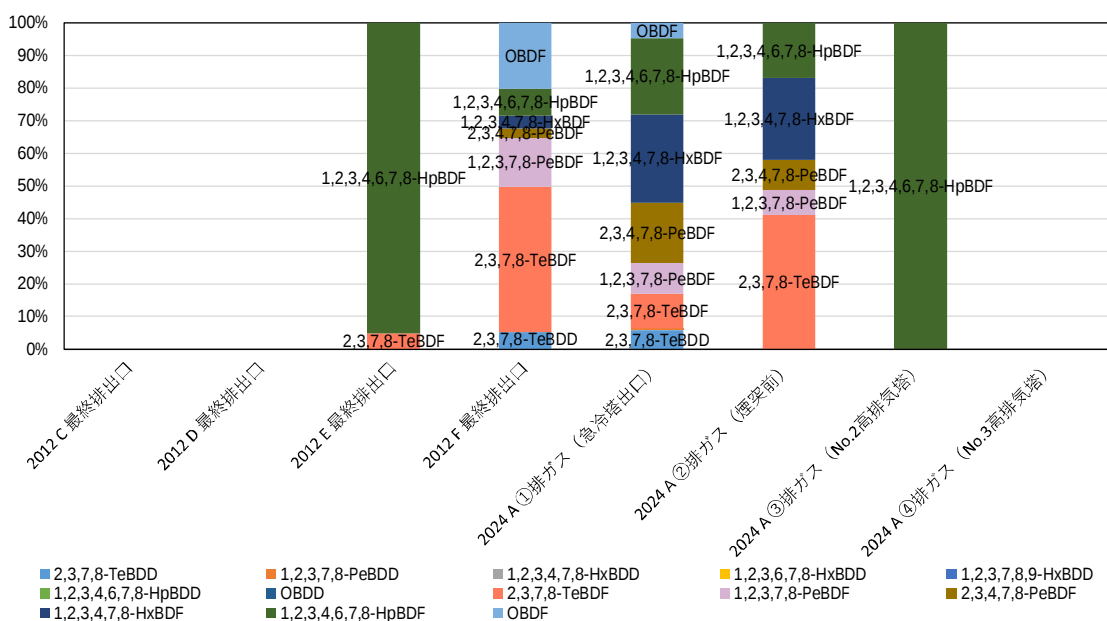


図 6-2 排ガス中 PBDD/Fs 同族体組成（産業廃棄物焼却炉・銅一次精錬施設）



※棒グラフがない試料は検出下限値未満（ND）

図 6-3 排ガス中 PBDD/Fs 異性体組成（産業廃棄物焼却炉・銅一次精錬施設）

排ガス処理後の除去率は、実測濃度では 84%、毒性等量値（ND=0）では 95%であった。

表 6-2 排ガス処理設備における PBDD/Fs 除去率

	①排ガス (急冷塔出口) ($\mu\text{g/h}$)	②排ガス (煙突前) ($\mu\text{g/h}$)	除去率 (1-②)/①
PBDD/Fs(実測)	30	4.7	84%
PBDD/Fs(TEQ)	1.5	0.075	95%

計算方法：物質質量（ $\mu\text{g/h}$ ）＝各物質濃度（ ng/m^3 ）×排ガス量（ m^3/h ）/1,000

b.PCDD/Fs 及び Co-PCB

PCDD/Fs 及び Co-PCB 実測濃度は、排ガス処理前の①排ガス（急冷塔出口）で 860 ng/m^3 であり、毒性等量相当値（ND=0）は、 2.7 ng-TEQ/m^3 であった。

最終排出口である②排ガス（煙突前）では 0.18 ng/m^3 、③排ガス（No.2 高排気塔）では 6.1 ng/m^3 、④排ガス（No.3 高排気塔）では 0.048 ng/m^3 であり、毒性等量相当値（ND=0）は、②排ガス（煙突前）で $0.00028\text{ ng-TEQ/m}^3$ 、③排ガス（No.2 高排気塔）で $0.00041\text{ ng-TEQ/m}^3$ 、④排ガス（No.3 高排気塔）で $0.0000020\text{ ng-TEQ/m}^3$ であった（表 6-1）。

排ガス処理後の除去率は、実測濃度では 99.97%、毒性等量値（ND=0）では 99.99%であった（表 6-3）。

表 6-3 排ガス処理設備における PCDD/Fs 及び Co-PCB 除去率

	①排ガス (急冷塔出口) ($\mu\text{g/h}$)	②排ガス (煙突前) ($\mu\text{g/h}$)	除去率 (1-②)/①
PCDD/Fs,Co-PCB(実測)	43,000	12	99.97%
PCDD/Fs,Co-PCB(TEQ)	140	0.019	99.99%

計算方法：物質質量（ $\mu\text{g/h}$ ）＝各物質濃度（ ng/m^3 ）×排ガス量（ m^3/h ）/1,000

c.PBDEs

PBDEs 実測濃度は、排ガス処理前の①排ガス（急冷塔出口）で 2.2 ng/m^3 であり、最終排出口である②排ガス（煙突前）では 1.1 ng/m^3 、③排ガス（No.2 高排気塔）では 20 ng/m^3 、④排ガス（No.3 高排気塔）では 0.7 ng/m^3 であった。

②排ガス（煙突前）と同一地点である 2012 年度 F 施設の最終排出口の濃

度と比較すると、ほぼ同濃度レベルであった（表 6-1）。

PBDEs 同族体組成は、①排ガス（急冷塔出口）、②排ガス（煙突前）、並びに④排ガス（No.3 高排気塔）では DeBDE が優先的な組成であった（図 6-4）。PBDEs 異性体組成は、①排ガス（急冷塔出口）、②排ガス（煙突前）では、#15-DiBDE が主要な異性体であった（図 6-5）。

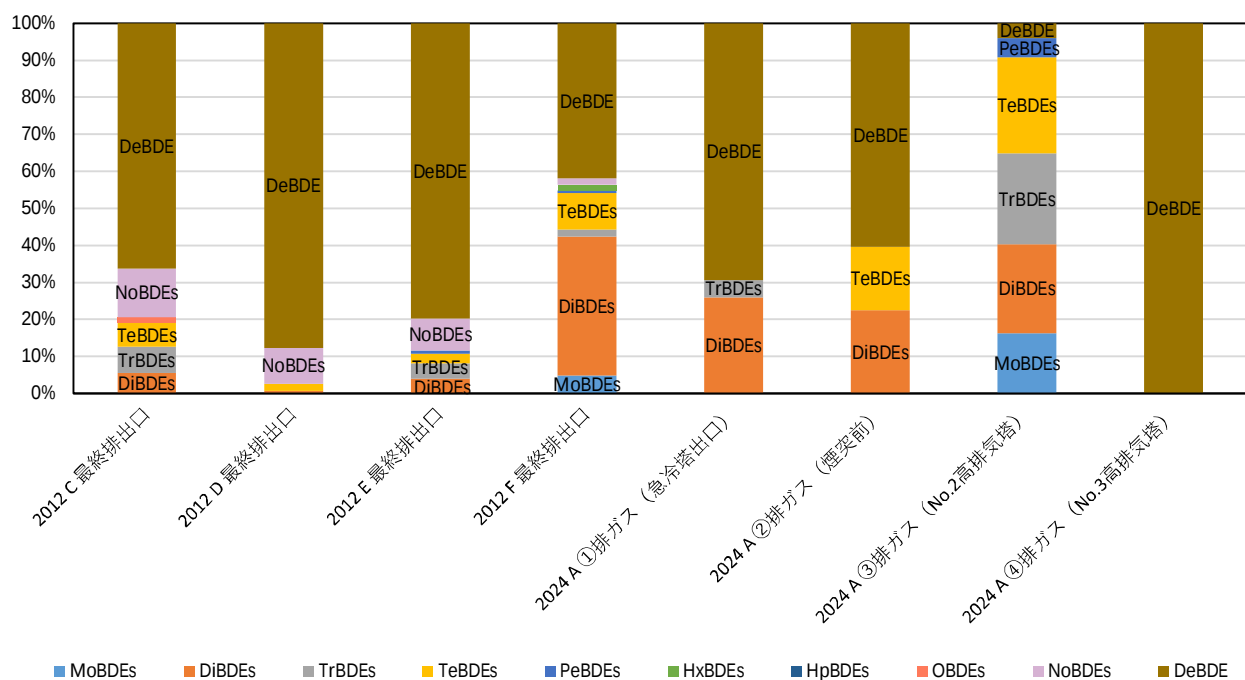
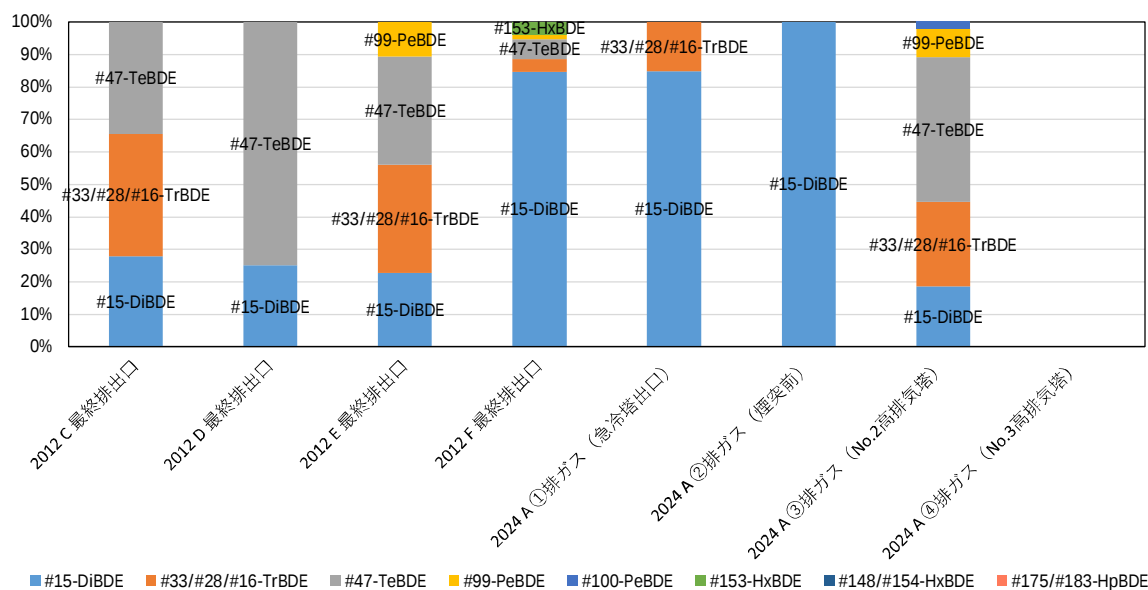


図 6-4 排ガス中 PBDEs 同族体組成（産業廃棄物焼却炉・銅一次精錬施設）



※棒グラフがない試料は検出下限値未満（ND）

図 6-5 排ガス中 PBDEs 異性体組成（産業廃棄物焼却炉・銅一次精錬施設）

d.TBBPA

TBBPA 実測濃度は、排ガス処理前の①排ガス（急冷塔出口）で 12 ng/m^3 であり、最終排出口である②排ガス（煙突前）では 2.1 ng/m^3 、③排ガス（No.2 高排気塔）及び④排ガス（No.3 高排気塔）では ND であった（表 6-1）。

e.HBCDs

HBCDs 実測濃度は、排ガス処理前の①排ガス（急冷塔出口）で ND であり、最終排出口である②排ガス（煙突前）、③排ガス（No.2 高排気塔）、並びに④排ガス（No.3 高排気塔）ともに ND であった（表 6-1）。

f.PBPhs

PBPhs 実測濃度は、排ガス処理前の①排ガス（急冷塔出口）で $27,000 \text{ ng/m}^3$ であり、最終排出口である②排ガス（煙突前）では $22,000 \text{ ng/m}^3$ 、③排ガス（No.2 高排気塔）では 36 ng/m^3 、④排ガス（No.3 高排気塔）では 52 ng/m^3 であった（表 6-1）。

PBPhs 異性体組成は、3/4-MonoBPh、2,4-DiBPh 及び 2,4,6-TrBPh が主要な異性体であった（図 6-6）。

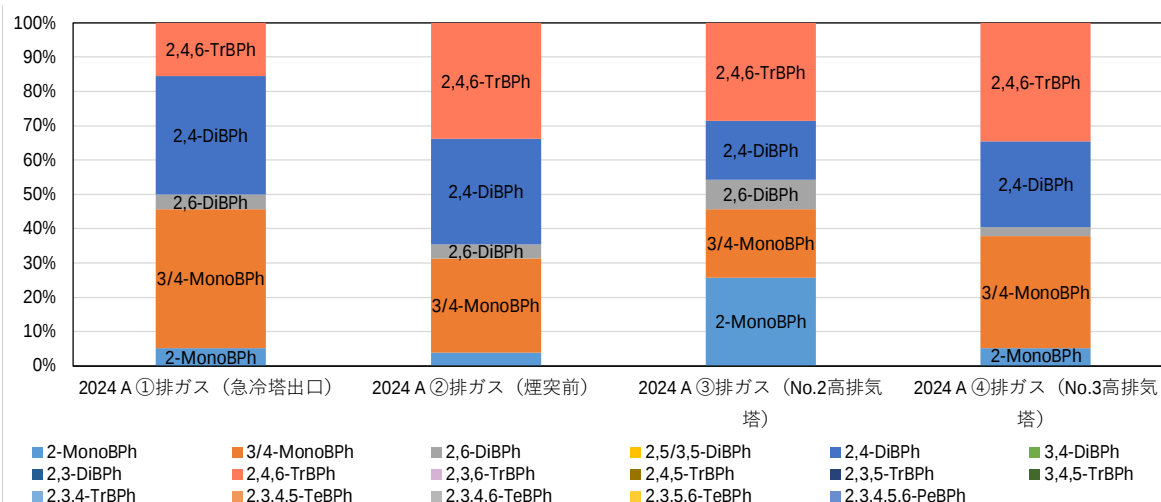


図 6-6 排ガス中 PBPhs 同族体組成（産業廃棄物焼却炉・銅一次精錬施設）

(2) 排水

a.PBDD/Fs

PBDD/Fs 実測濃度は、排水処理前では、⑤スクラバー排水で 3,700pg/L、⑥フィルタープレス水（溶融飛灰）で 7pg/L、⑦硫酸工場ダスト排水で 8,100pg/L、⑧フィルタープレス水（硫酸工場）で 230pg/L であり、毒性等量相当値（ND=0）は、⑤スクラバー排水で 66pg-TEQ/L、⑥フィルタープレス水（溶融飛灰）で 0.021pg-TEQ/L、⑦硫酸工場ダスト排水で 120pg-TEQ/L、⑧フィルタープレス水（硫酸工場）で 1.2pg-TEQ/L であった。

排水処理後では、⑨総合排水で 12pg/L であり、毒性等量相当値（ND=0）は、0.033pg-TEQ/L であった。（表 6-4）

⑨総合排水と同一地点である 2012 年度 F 施設の総合排水の濃度と比較すると、ほぼ同濃度レベルであった（図 6-7）。

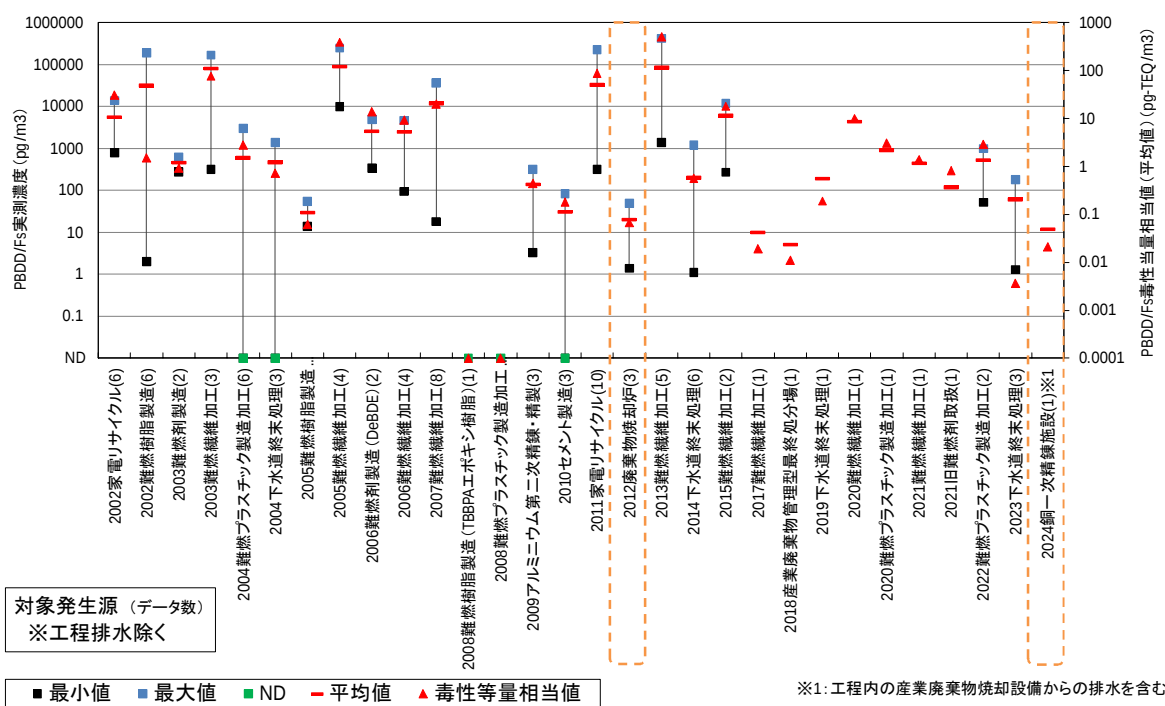


図 6-7 排水における PBDD/Fs 検出状況（産業廃棄物焼却炉・銅一次精錬施設）

表 6-4 銅一次精錬施設の排水分析結果

調査 年度	施 設 名	試料名	PBDD/Fs		PCDD/Fs,Co-PCB		PBDEs	HBCDs	TBBPA	PBPhs	備考
			実測濃度（左）：pg/L 毒性等量（右）：pg-TEQ/L				実測濃度（ng/L）				
2012 (H24)	C	総合排水	50	0.18	未測定	未測定	2.2	0.06	1.2	13	産業廃棄物焼却炉
	F	総合排水	7.4	0.019	未測定	未測定	0.74	ND	0.49	80	産業廃棄物焼却炉 2024-A と同一地点
2024 (R6)	A	⑤スクラバー排水	3,700	66	980	14	8.2	ND	16	980	産業廃棄物焼却炉
		⑥フィルタープレ ス水（溶融飛灰）	7	0.021	300	1.4	1.5	ND	1.3	1.4	産業廃棄物焼却炉
		⑦硫酸工場ダスト 排水	8,100	120	25,000	450	1.4	ND	3.3	750	銅一次精錬施設
		⑧フィルタープレ ス水（硫酸工場）	230	1.2	130	1.4	4.5	ND	0.76	8.9	銅一次精錬施設
		⑨総合排水	12	0.033	8.2	0.015	2.4	ND	2.7	13	産業廃棄物焼却炉 銅一次精錬施設 2012-F と同一地点

注 1) TEF は、WHO/IPCS(2006)の TEF を適用した。

注 2) 毒性等量値は検出下限値未満を「0」として算出したものである。

注 3) 表中の「ND」は、検出下限値未満であることを示す。

注 4) 2012 年は PBPhs を測定していなかったため、PBPhs の欄には TrBPhs の測定結果を示す。

排水処理による除去率は、実測濃度で 47%、毒性等量相当値（ND=0）で 90%であった（表 6-5）。

PBDD/Fs 同族体組成は、⑤スクラバー排水で HxBDDs、⑥フィルタープレス水（溶融飛灰）で OBDF、が主体であり、⑦硫酸工場ダスト排水で TeBDFs が主体であった（図 6-8）。PBDD/Fs 異性体組成は、⑧フィルタープレス水（硫酸工場）及び⑨総合排水とともに 1,2,3,4,6,7,8-HpBDF 及び OBDF が主要な異性体であった（図 6-9）。

表 6-5 排水処理設備における PBDD/Fs 除去率

	⑤スクラバー排水 (ng/h)	⑥フィルタープレス水 (溶融飛灰処理施設) (ng/h)	⑦硫酸工場ダスト排水 (ng/h)	⑧フィルタープレス水（硫酸工場） (ng/h)	⑨総合排水（東排水） (ng/h)	除去率 (1-⑨/ (⑤+⑥+ ⑦+⑧))
PBDD/Fs(実測)	27,000	62	190,000	1,700	120,000	47%
PBDD/Fs(TEQ)	470	0.19	2,900	8.9	330	90%

計算方法：物質質量（ng/h）＝各物質濃度（pg/L）×排水量（L/h）/1000

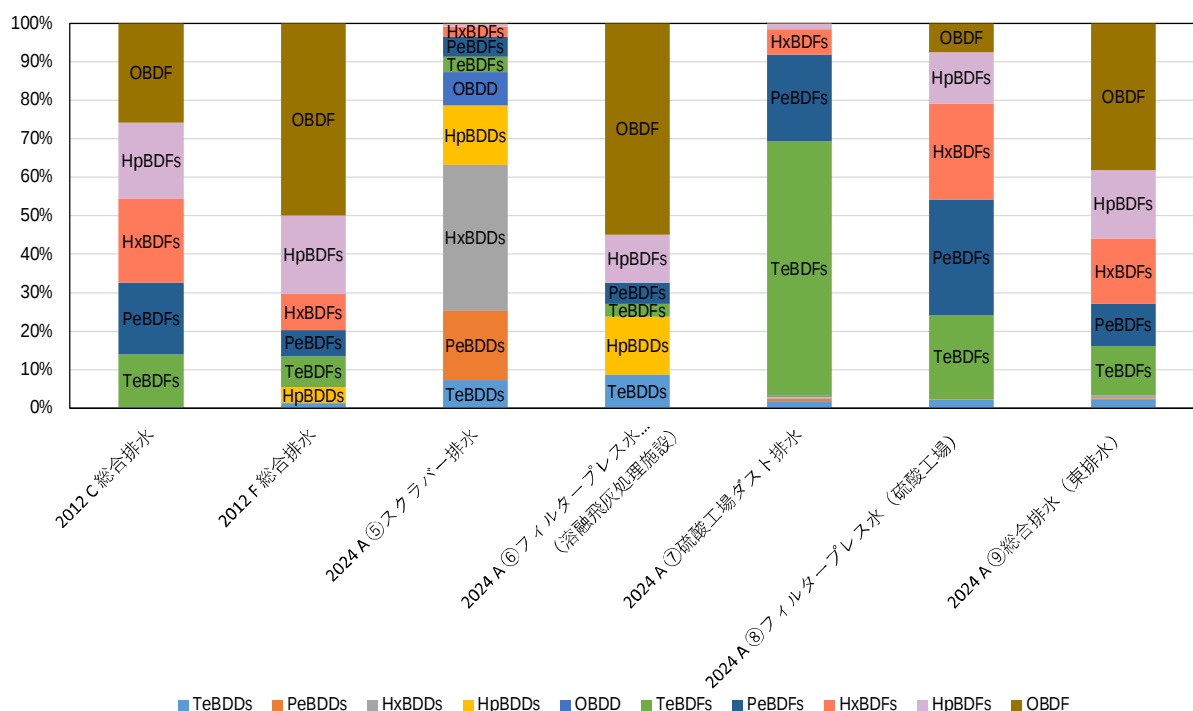


図 6-8 排水中 PBDD/Fs 同族体組成（産業廃棄物焼却炉・銅一次精錬施設）

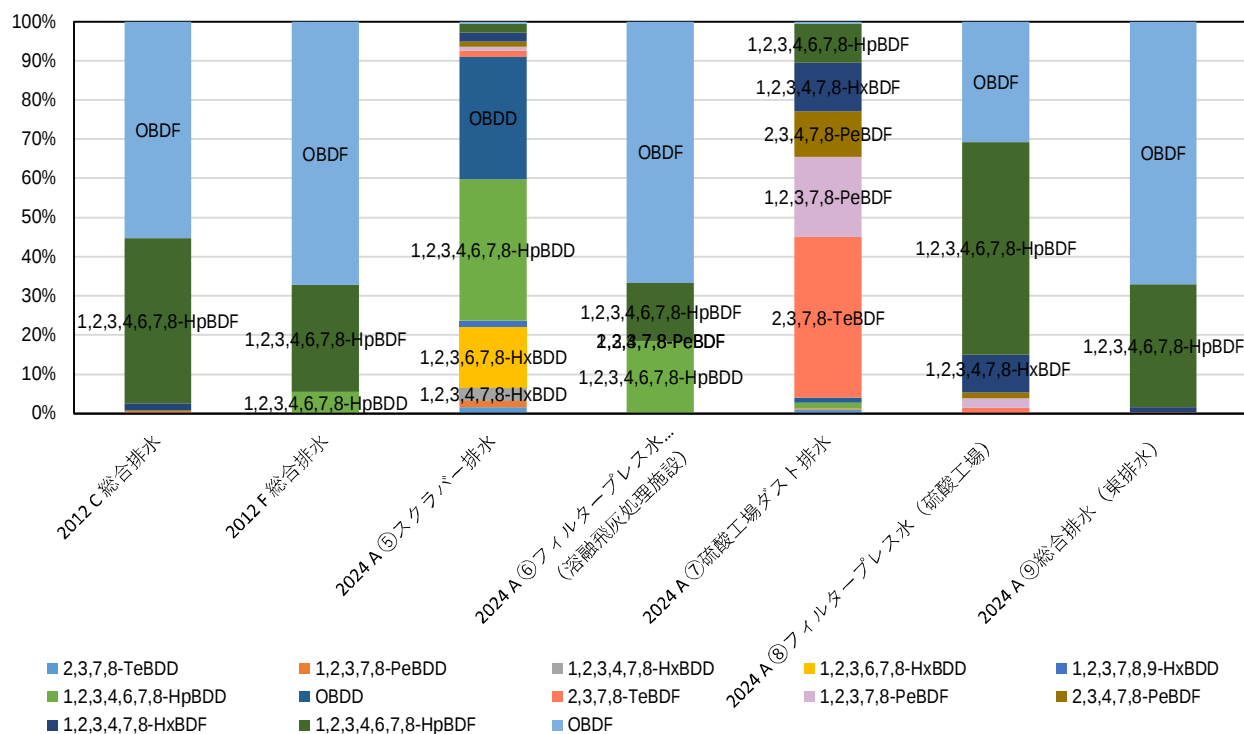


図 6-9 排水中 PBDD/Fs 異性体組成（産業廃棄物焼却炉・銅一次精錬施設）

b. PCDD/Fs 及び Co-PCB

PCDD/Fs 及び Co-PCB 実測濃度は、排水処理前では、⑤スクラバー排水で 980pg/L、⑥フィルタープレス水（溶融飛灰）で 300pg/L、⑦硫酸工場ダスト排水で 25,000pg/L、⑧フィルタープレス水（硫酸工場）で 130pg/L であり、毒性等量相当値（ND=0）は、⑤スクラバー排水で 14pg-TEQ/L、⑥フィルタープレス水（溶融飛灰）で 1.4pg-TEQ/L、⑦硫酸工場ダスト排水で 450pg-TEQ/L、⑧フィルタープレス水（硫酸工場）で 1.4pg-TEQ/L であった。

排水処理後では、⑨総合排水で 8.2pg/L であり、毒性等量相当値（ND=0）は、0.015pg-TEQ/L であった。（表 6-4）

排水処理による除去率は、実測濃度で 87%、毒性等量相当値（ND=0）で 99%であった（表 6-6）。

表 6-6 排水処理設備における PCDD/Fs 及び Co-PCB 除去率

	⑤スクラ バー排水 (ng/h)	⑥フィルタ ープレス水 (溶融飛灰 処理施設) (ng/h)	⑦硫酸工 場ダスト 排水 (ng/h)	⑧フィルタ ープレス水 (硫酸工 場) (ng/h)	⑨総合排 水（東排 水） (ng/h)	除去率 (1-⑨ /(⑤+⑥+ ⑦+⑧))
PCDD/Fs, Co-PCB(実測)	7,000	2,700	600,000	970	81,000	87%
PCDD/Fs, Co-PCB(TEQ)	100	12	11,000	10	150	99%

計算方法：物質質量 (ng/h) = 各物質濃度 (pg/L) × 排水量 (L/h) /1000

c. PBDEs

PBDEs 実測濃度は、⑤スクラバー排水で 8.2pg/L、⑥フィルタープレス水（溶融飛灰）で 1.5pg/L、⑦硫酸工場ダスト排水で 1.4pg/L、⑧フィルタープレス水（硫酸工場）で 4.5pg/L、⑨総合排水で 2.4pg/L であった。

⑨総合排水と同一地点である 2012 年度 F 施設の総合排水の濃度と比較すると、3 倍程度高い濃度レベルであった（表 6-4）。

PBDEs 同族体組成は、⑤スクラバー排水～⑨総合排水ともに DeBDE が優先的な組成であった（図 6-10）。DeBDE 以外の PBDEs 異性体組成は、⑤スクラバー排水及び⑥フィルタープレス水（溶融飛灰）で#47-TeBDE 及び#33/#28/#16-TrBDE、⑧フィルタープレス水（硫酸工場）で#47-TeBDE、⑨総合排水で#99-PeBDE が主要な異性体であった（図 6-11）。

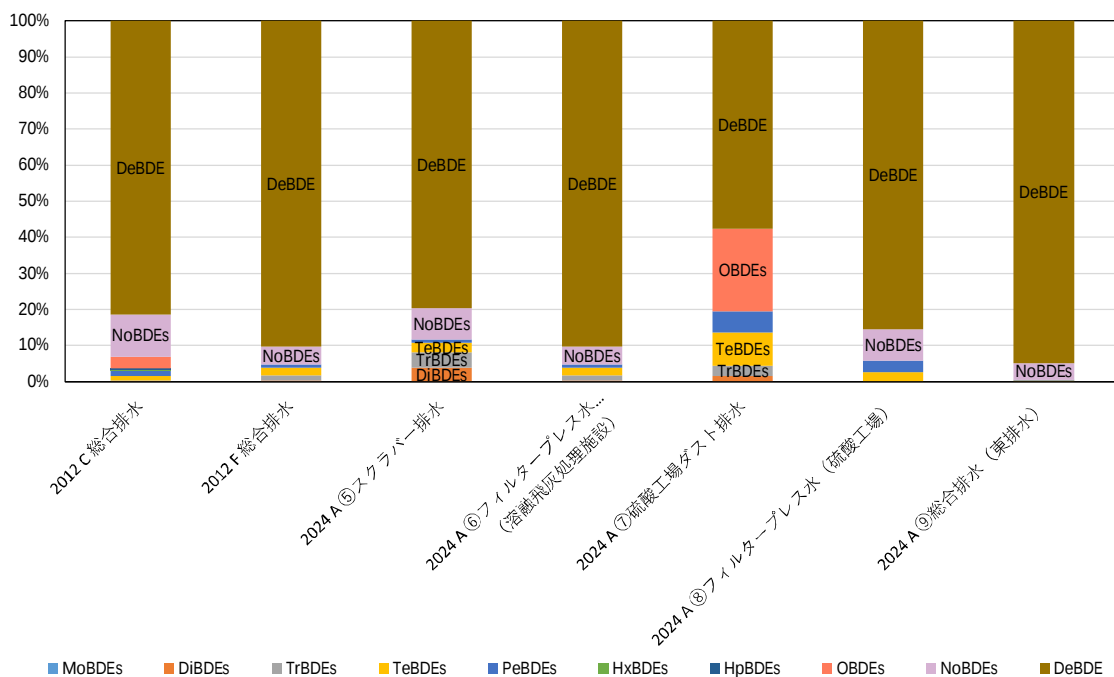


図 6-10 排水中 PBDEs 同族体組成 (産業廃棄物焼却炉・銅一次精錬施設)

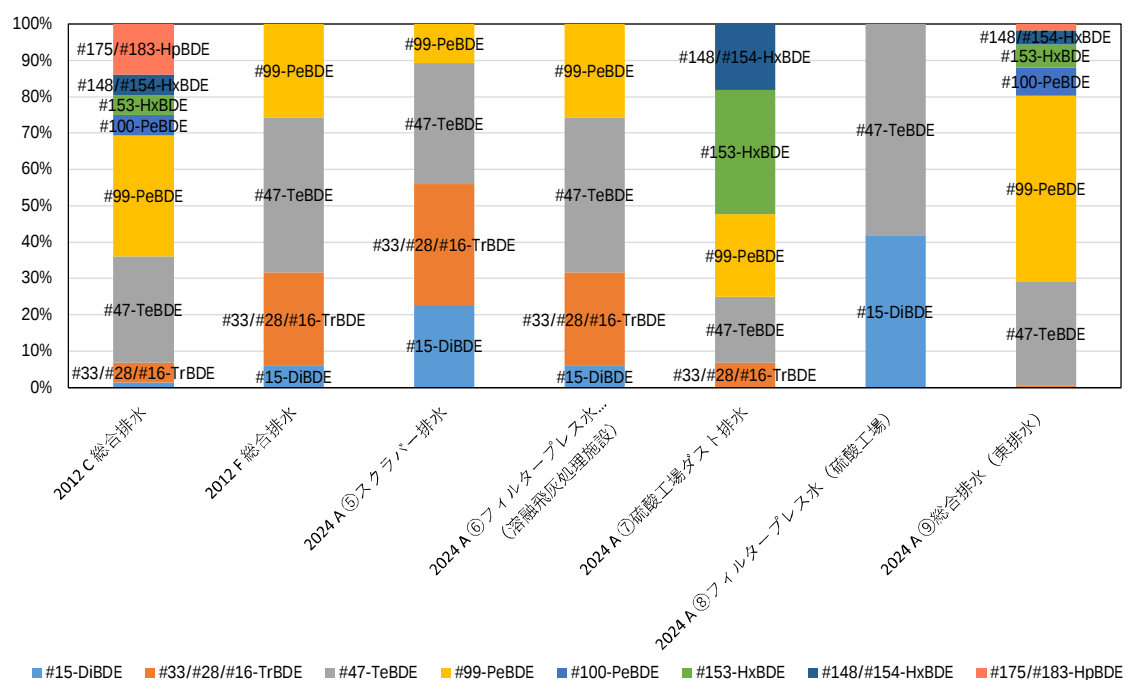


図 6-11 排水中 PBDEs 異性体組成 (産業廃棄物焼却炉・銅一次精錬施設)

d. TBBPA

TBBPA 実測濃度は、⑤スクラバー排水で 16pg/L、⑥フィルタープレス水（溶融飛灰）で 1.3pg/L、⑦硫酸工場ダスト排水で 3.3pg/L、⑧フィルタープレス水（硫酸工場）で 0.76pg/L、⑨総合排水で 2.7pg/L であった。（表 6-4）

e. HBCDs

HBCDs 実測濃度は、⑤スクラバー排水、⑥フィルタープレス水（溶融飛灰）、⑦硫酸工場ダスト排水、⑧フィルタープレス水（硫酸工場）、並びに⑨総合排水ともに ND であった。（表 6-4）

f. PBPhs

PBPhs 実測濃度は、⑤スクラバー排水で 980pg/L、⑥フィルタープレス水（溶融飛灰）で 1.4pg/L、⑦硫酸工場ダスト排水で 750pg/L、⑧フィルタープレス水（硫酸工場）で 8.9pg/L、⑨総合排水で 13pg/L であった。（表 6-4）

PBPhs 異性体組成では、⑤スクラバー排水、⑥フィルタープレス水（溶融飛灰）、並びに⑨総合排水では 2,4,6-TrBPh、⑦硫酸工場ダスト排水、⑧フィルタープレス水（硫酸工場）では 3/4-MonoBPh、2,4-DiBPh が主要な異性体であった（図 6-12）。

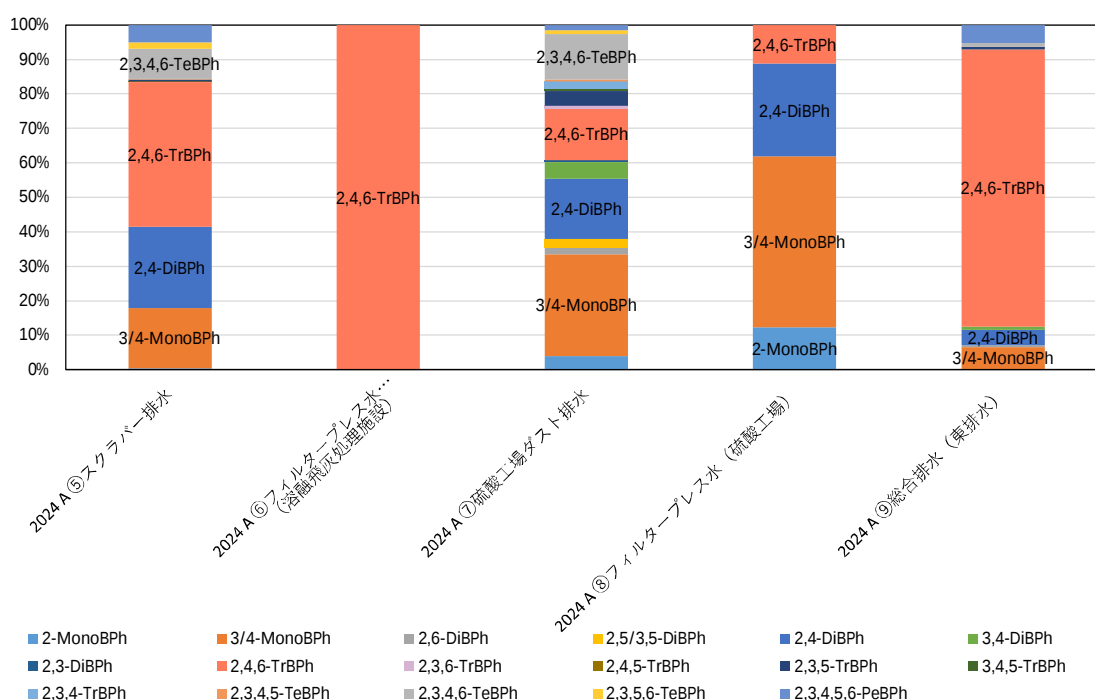


図 6-12 排水中 PBPhs 同族体組成（産業廃棄物焼却炉・銅一次精錬施設）

(3) 投入・排出固形物

a.PBDD/Fs

PBDD/Fs 実測濃度は、⑩混合原料で 780ng/g、⑪脱塩率で 0.12ng/g-dry、⑫E-Scrap で 360ng/g であり、毒性等量相当値 (ND=0) は、⑩混合原料で 0.74ng-TEQ/g、⑪脱塩率で 0.0058ng-TEQ/g-dry、⑫E-Scrap で 0.29ng-TEQ/g であった。

⑩混合原料と同一地点である 2012 年度 F 施設の混合廃棄物の濃度と比較すると、ほぼ同濃度レベルであった (表 6-7)。

PBDD/Fs 同族体組成は、⑩混合原料及び⑫E-Scrap では、TeBDDs 及び OBDF が主体であった (図 6-13)。PBDD/Fs 異性体組成は、⑩混合原料及び⑫E-Scrap では、OBDF が主要な異性体であった (図 6-14)。

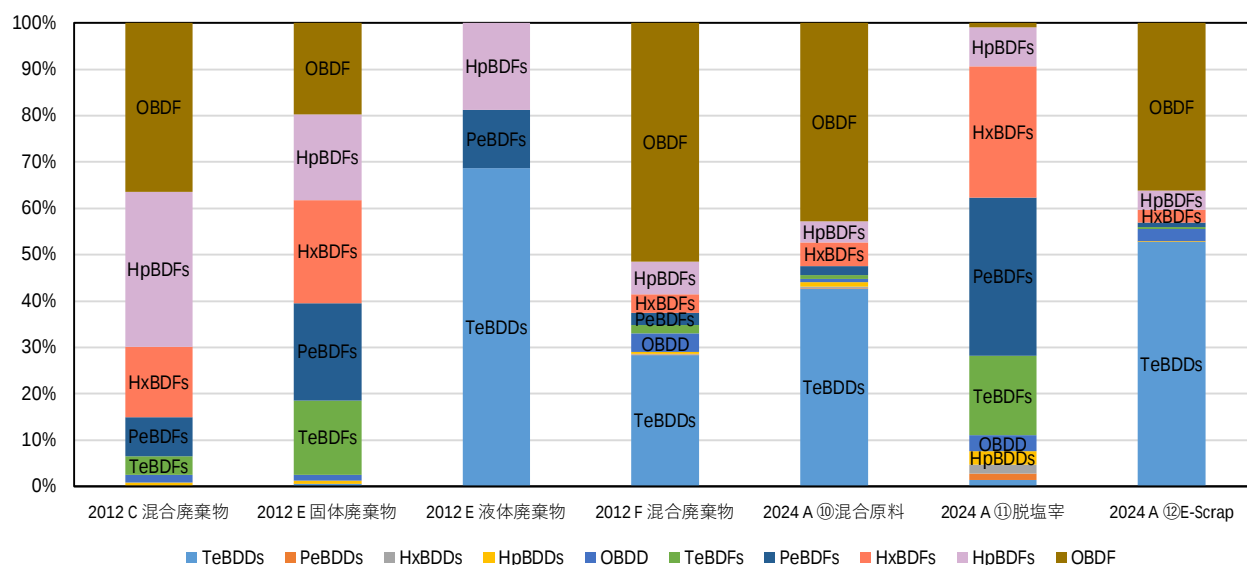


図 6-13 投入・排出固形物中 PBDD/Fs 同族体組成
(産業廃棄物焼却炉・銅一次精錬施設)

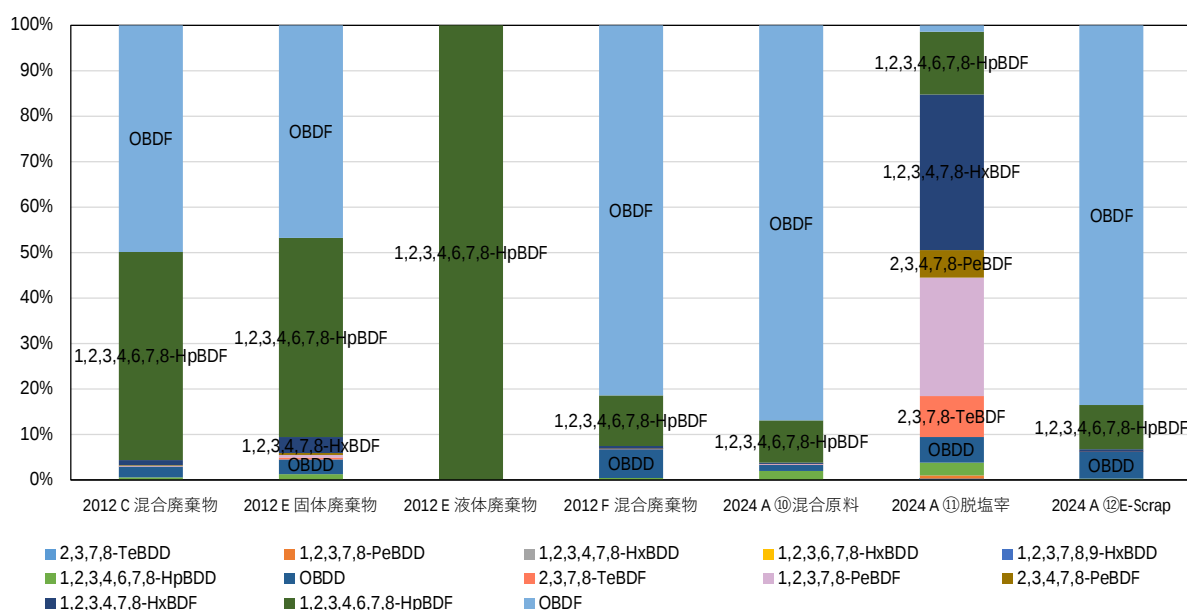


図 6-14 投入・排出固形物中 PBDD/Fs 異性体組成
(産業廃棄物焼却炉・銅一次精錬施設)

表 6-7 銅一次精錬施設の投入・排出固形物分析結果

調査 年度	施設 名	試料名	PBDD/Fs		PCDD/Fs,Co-PCB		PBDEs	HBCDs	TBBPA	PBPhs	備考
			実測濃度（左）：ng/g 毒性等量（右）：ng-TEQ/ g		実測濃度（ng/g）						
2012 (H24)	C	混合廃棄物	99	0.46	未測定	未測定	150,000	7,600	2,200	53	産業廃棄物焼却炉
	E	固体廃棄物	81	0.35	未測定	未測定	74,000	40,000	4,200	250	産業廃棄物焼却炉
	E	液体廃棄物	0.16	0.0003	未測定	未測定	41	0.7	35	1,000	産業廃棄物焼却炉
	F	混合廃棄物	560	0.73	未測定	未測定	910,000	5,400	220,000	14,000	産業廃棄物焼却炉 2024-A と同一地点
2024 (R6)	A	⑩混合原料	780	0.74	200	0.053	460,000	1,800	1,400,000	84,000	産業廃棄物焼却炉 2012-F と同一地点
		⑪脱塩率	0.12	0.0058	35	0.13	0.7	ND	1.6	5.1	産業廃棄物焼却炉
		⑫E-Scrap	360	0.29	30	0.0047	390,000	9.1	720,000	24,000	銅一次精錬施設

注 1) TEF は、WHO/IPCS(2006)の TEF を適用した。

注 2) 毒性等量値は検出下限値未満を「0」として算出したものである。

注 3) 表中の「ND」は、検出下限値未満であることを示す。

注 4) 2012 年は PBPhs を測定していなかったため、PBPhs の欄には TrBPhs の測定結果を示す。

注 5) ⑪脱塩率の単位は ng/g-dry または ng-TEQ/g-dry

b.PCDD/Fs 及び Co-PCB

PCDD/Fs 及び Co-PCB 実測濃度は、⑩混合原料で 200ng/g、⑪脱塩率で 35ng/g-dry、⑫E-Scrap で 30ng/g であり、毒性等量相当値 (ND=0) は、⑩混合原料で 0.053ng-TEQ/g、⑪脱塩率で 0.13ng-TEQ/g-dry、⑫E-Scrap で 0.0047ng-TEQ/g であった (表 6-7)。

c.PBDEs

PBDEs 実測濃度は、⑩混合原料で 460,000ng/g、⑪脱塩率で 0.7ng/g-dry、⑫E-Scrap で 390,000ng/g であった。

⑩混合原料と同一地点である 2012 年度 F 施設の混合廃棄物の濃度と比較すると、ほぼ同様のオーダーであった (表 6-7)。

PBDEs 同族体組成は、全ての試料において DeBDE が主体であった。⑩混合原料と 2012 年度 F 施設の混合廃棄物と比較すると、同族体構成に大きな変化は見られなかった (図 6-15)。

DeBDE 以外の PBDEs 異性体組成は、⑩混合原料で#15-DiBDE、⑪脱塩率で#47-TeBDE 及び#99-PeBDE、⑫E-Scrap で#175/#183-HpBDE が主要な異性体であった (図 6-16)。

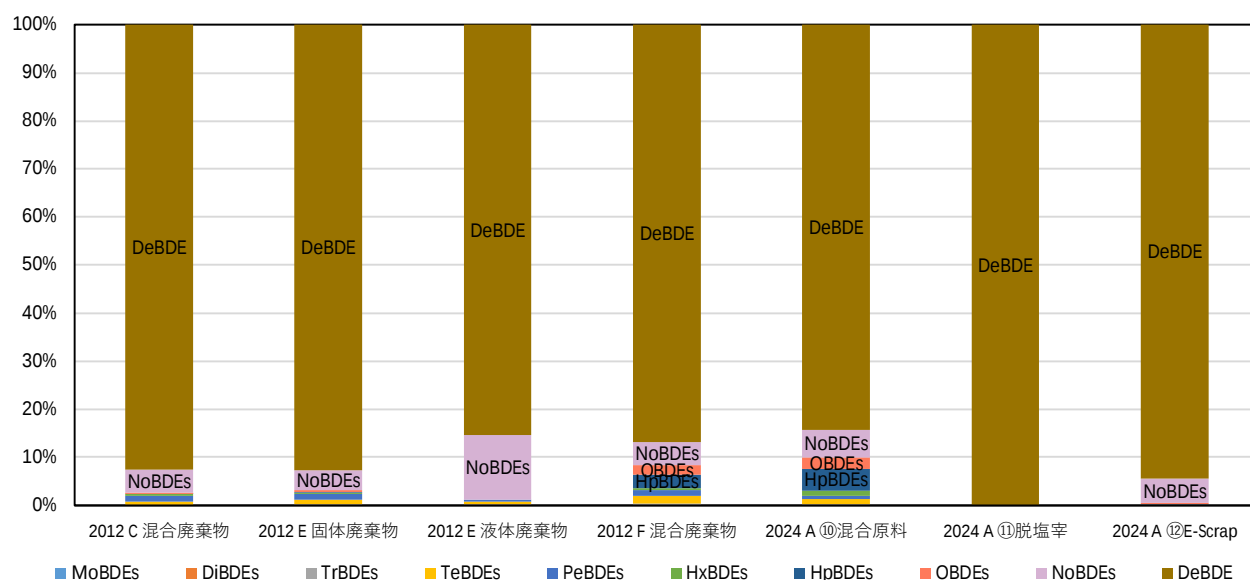


図 6-15 投入・排出固形物中 PBDEs 同族体組成
(産業廃棄物焼却炉・銅一次精錬施設)

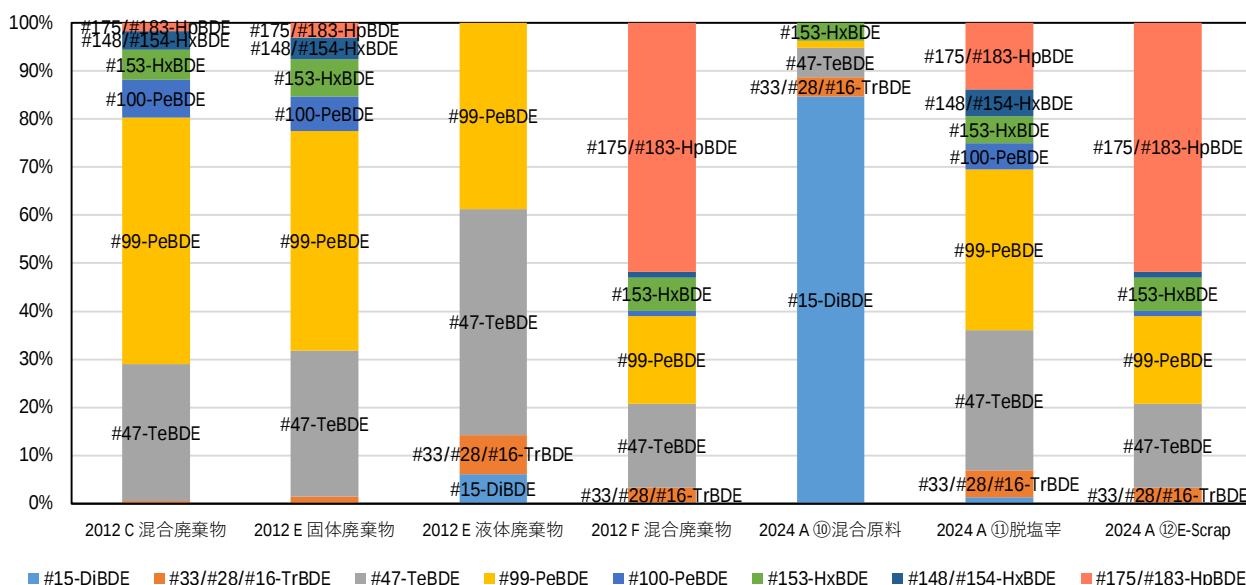


図 6-16 投入・排出固形物中 PBDEs 異性体組成
(産業廃棄物焼却炉・銅一次精錬施設)

d.TBBPA

TBBPA 実測濃度は、⑩混合原料で 1,400,000ng/g、⑪脱塩率で 1.6ng/g-dry、⑫E-Scrap で 720,000ng/g であった。

⑩混合原料と同一地点である 2012 年度 F 施設の混合廃棄物の濃度と比較すると、7 倍程度高い濃度レベルであった (表 6-7)。

e.HBCDs

HBCDs 実測濃度は、⑩混合原料で 1,800ng/g、⑪脱塩率で ND、⑫E-Scrap で 9.1ng/g であった (表 6-7)。

f.PBPhs

PBPhs 実測濃度は、⑩混合原料で 84,000ng/g、⑪脱塩率で 5.1 ng/g-dry、⑫E-Scrap で 24,000ng/g であった (表 6-7)。

PBPhs 異性体組成では、⑩混合原料及び⑫E-Scrap で 2,4,6-TrBPh、⑪脱塩率で 3/4-MonoBPh、2,4-DiBPh が主要な異性体であった（図 6-17）。

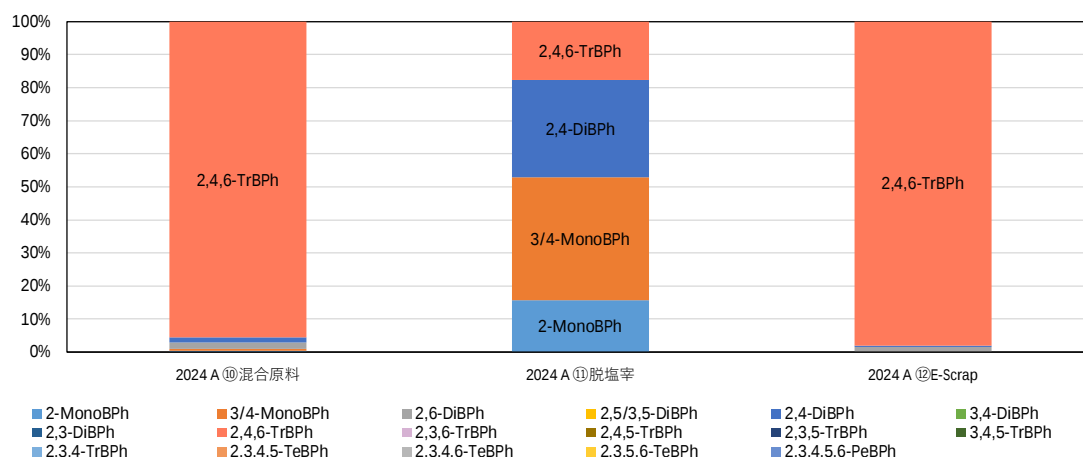


図 6-17 投入・排出固形物中 PBPhs 同族体組成
(産業廃棄物焼却炉・銅一次精錬施設)

(4) 考察

- ・ 過去の調査結果と同様に、PBDD/Fs は⑤スクラバー排水や⑦硫酸工場ダスト排水で DXN 排水基準を上回る濃度で検出されたが、最終煙突排ガスや総合排水の PBDD/Fs 濃度は DXN 排出基準を十分に下回っていた。
- ・ 製造工程全体では、原料から流入する PBDD/Fs の量よりも、最終煙突排ガスや総合排水濃度は大きく低減しており、キルン熔融炉や銅精錬設備における分解、排ガス処理設備における除去がされた上で、環境中へと放出されていると考えられた。
- ・ 同族体組成で見ると、原料では TeBDFs の割合は小さいが、⑦硫酸工場ダスト排水や⑧フィルタープレス水中では、TeBDFs の割合が大きくなっていった。その後、排水処理設備において、TeBDFs は低減され、⑨総合排水から排出されていることが確認された。
- ・ ⑤スクラバー排水や⑦硫酸工場ダスト排水中の PBDD/Fs パターンは、多くの異性体が検出されており、非意図的生成が示唆された。PCDD/Fs も同様の傾向を示した。
- ・ DXN 濃度は、①排ガス処理前、⑤スクラバー排水、⑦硫酸工場ダスト排水で高濃度に検出されていたが、排ガス及び排水処理後では、DXN 排出基準を十分に下回っていた。
- ・ ⑤スクラバー排水で PBDDs の割合が高く、その他の排水や及び⑪脱塩率で PBDFs の割合が高かった。

- ・ 投入物の混合廃棄物や E-Scrap 中の PBDD/Fs 濃度は、前回調査時と同等の濃度レベルであった。PBDEs については前回調査時より濃度が半減しており、他の臭素系難燃剤（TBBPA、PBPhs）では、濃度が高かった。
- ・ 混合廃棄物や E-scrap は廃電子基板が多い試料であるが、緑色の基板に含有する TBBPA やその熱分解物である TrBPh も高濃度に検出されていた。

6.2 セメント製造施設

(1) 排ガス

a.PBDD/Fs

PBDD/Fs 実測濃度は、EP 出口では、0.015 ng/m³、BF 出口では 0.013ng/m³ であり、C 施設の排ガス処理後で、1 系統は 0.008～0.014（平均 0.011）ng/m³、2 系統は 0.005 ng/m³ であり、毒性等量相当値（ND=0）は、B 施設の EP 出口では 0.000051 ng-TEQ/m³、BF 出口では 0.000040ng-TEQ/m³、C 施設の排ガス処理後で、1 系統は 0.00010～0.00012（平均 0.00011）ng-TEQ/m³、2 系統は 0.000014 ng-TEQ/m³ であった。

過去実施したセメント製造施設データ（2010 年度）と同様、B 施設及び C 施設ともに低い濃度レベルであった（図 6-18、表 6-8）。

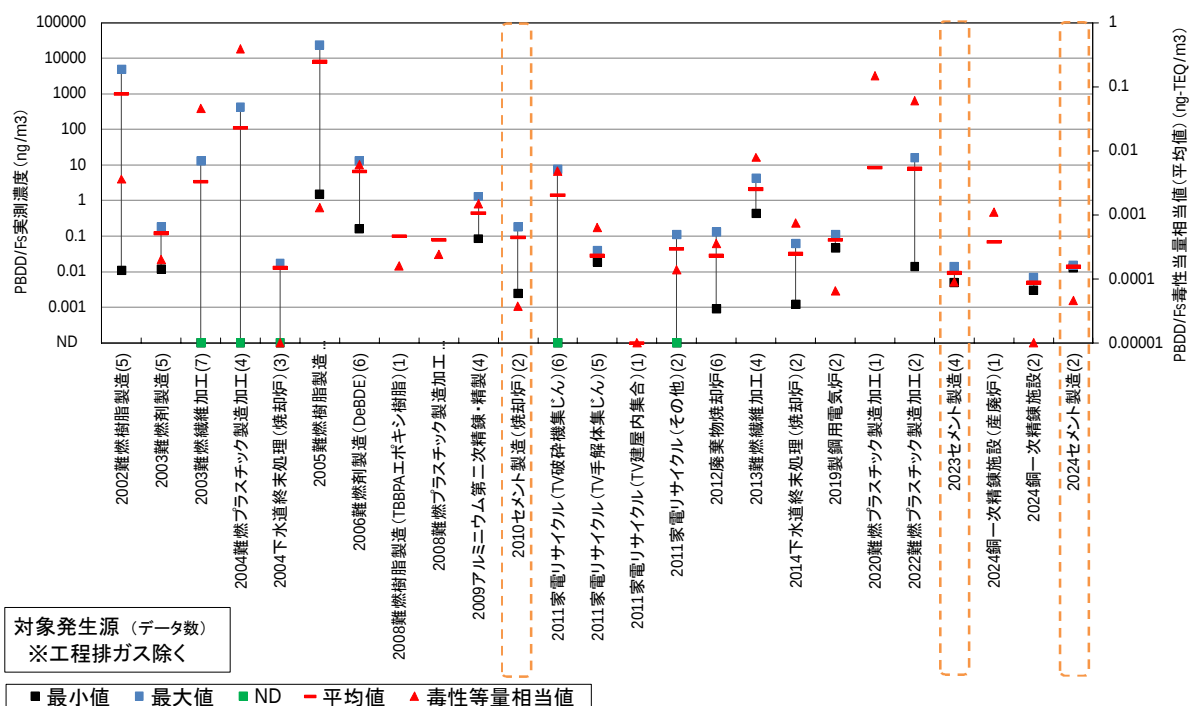


図 6-18 排ガスにおける PBDD/Fs 検出状況（セメント製造施設）

表 6-8 セメント製造施設の排出ガス分析結果

調査 年度	施 設 名	試料名	PBDD/Fs		PCDD/Fs,Co-PCB		PBDEs	HBCDs	TBBPA	PBPhs	備考
			実測濃度（左）：ng/ m ³ 毒性等量（右）：ng-TEQ/ m ³				実測濃度（ng/ m ³ ）				
2010 (H22)	A	バグフィルター 出口	0.18	0.000074	0.099	0.000020	3.4	ND	0.3	未測定	
	B	電気集塵機 出口	0.0024	0	0.27	0.00020	7.8	ND	2.2	未測定	
2023 (R5)	C	排ガス (EP-620)	0.014	0.00012	0.082	0.00021	0.49	ND	ND	130	1 系統内の試料
		排ガス (EP-630)	0.010	0.00012	0.23	0.00034	0.54	ND	0.9	100	1 系統内の試料
		排ガス (EP-650)	0.008	0.00010	1.2	0.0087	0.42	ND	ND	120	1 系統内の試料
		排ガス (EP-701)	0.005	0.000014	0.99	0.0045	1.5	ND	ND	11,000	2 系統内の試料
2024 (R6)	B	①排ガス (EP 出口)	0.015	0.000051	2.0	0.018	21	未測定	未測定	400	
		②排ガス (BF 出口)	0.013	0.000040	0.17	0.00011	18	未測定	未測定	820	

注 1) TEF は、WHO/IPCS(2006)の TEF を適用した。

注 2) 毒性等量値は検出下限値未満を「0」として算出したものである。

注 3) 毒性等量相当値は、酸素 12%換算濃度から算出した値である。

注 4) 表中の「ND」は、検出下限値未満であることを示す。

注 5) HBCD、TBBPA は、B 施設では未測定。

PBDD/Fs 同族体組成は、B 施設では HxBDFs、HpBDFs、OBDF、C 施設では TeBDFs、HpBDFs が主要な同族体であった（図 6-19）。PBDD/Fs 異性体組成は、B 施設及び C 施設ともに 1,2,3,4,6,7,8-HpBDF 及び OBDF が主要な異性体であった（図 6-20）。

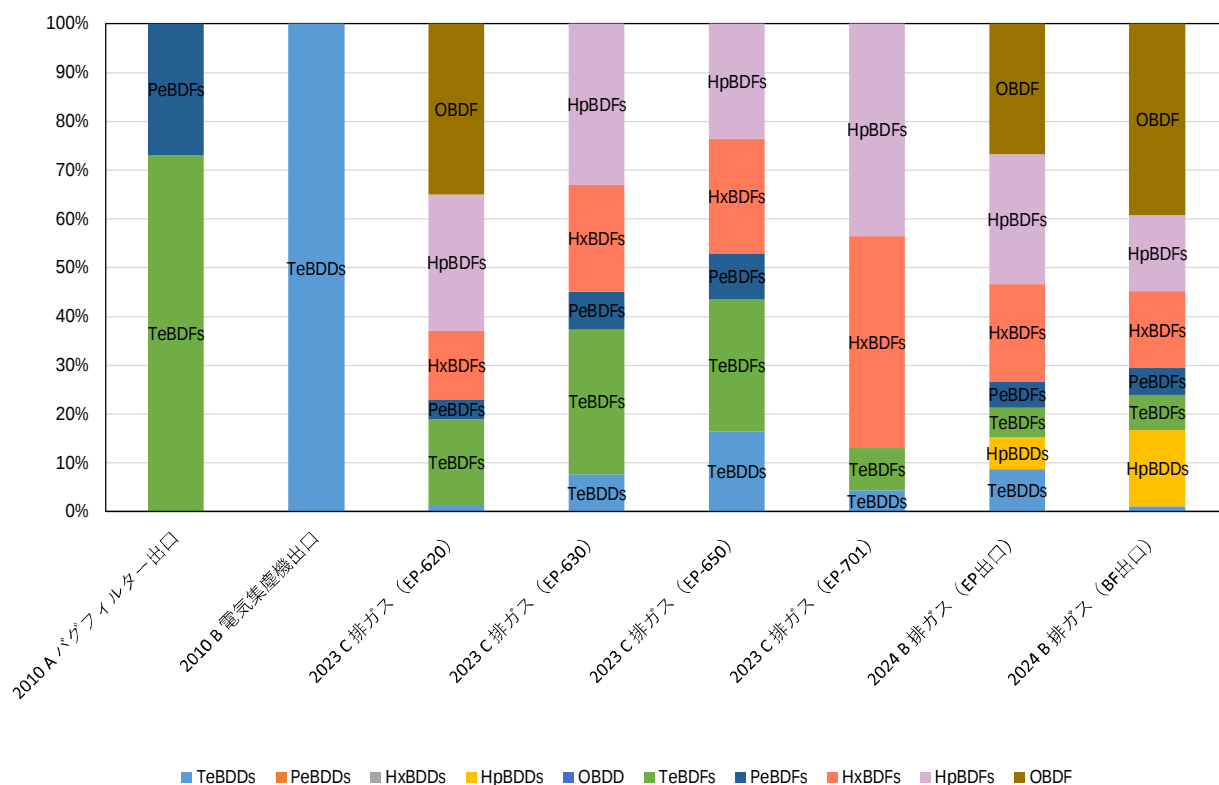
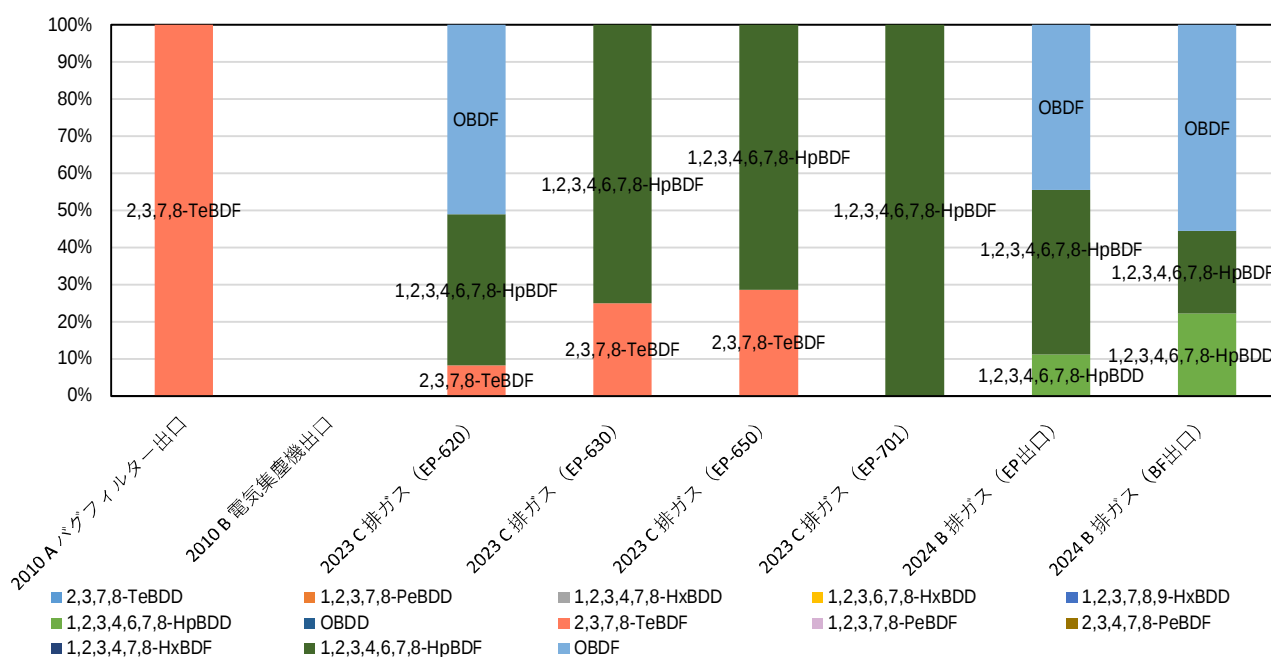


図 6-19 排ガス中 PBDD/Fs 同族体組成（セメント製造施設）



※棒グラフがない試料は検出下限値未満 (ND)

図 6-20 排ガス中 PBDD/Fs 異性体組成 (セメント製造施設)

b.PCDD/Fs 及び Co-PCB

PCDD/Fs 及び Co-PCB 実測濃度は、B 施設の EP 出口では 2.0 ng/m^3 、BF 出口では 0.17 ng/m^3 であり、C 施設の排ガス処理後で、1 系統では $0.082 \sim 1.2$ (平均 0.50) ng/m^3 、2 系統では 0.99 ng/m^3 であり、毒性等量相当値 (ND = 0) は、B 施設の EP 出口では 0.018 ng-TEQ/m^3 、BF 出口では $0.00011 \text{ ng-TEQ/m}^3$ 、C 施設の排ガス処理後で、1 系統では、 $0.00021 \sim 0.0087$ (平均 0.0031) ng-TEQ/m^3 、2 系統では、 $0.0045 \text{ ng-TEQ/m}^3$ であった (表 6-8)。

c.PBDEs

PBDEs 実測濃度は、B 施設の EP 出口では、 21 ng/m^3 、BF 出口では 18 ng/m^3 、C 施設の排ガス処理後で、1 系統では、 $0.42 \sim 0.54$ (平均 0.48) ng/m^3 、2 系統では 1.5 ng/m^3 であった。過去実施したセメント製造施設データ (2010 年度) と比較すると、B 施設は同程度、C 施設は 1 桁低い濃度レベルであった (表 6-8)。

PBDEs 同族体組成は、C 施設の 2 系統の排ガスを除いて DeBDE が主要な同族体であった。C 施設の 2 系統の排ガスは MoBDEs が主要な同族体であり、2010 年度 B 施設の排ガスと同様な組成であった (図 6-21)。DeBDE 以外の PBDEs 異性体組成は、B 施設では未検出、C 施設では #15-DiBDE が主要な異性体であった (図 6-22)。

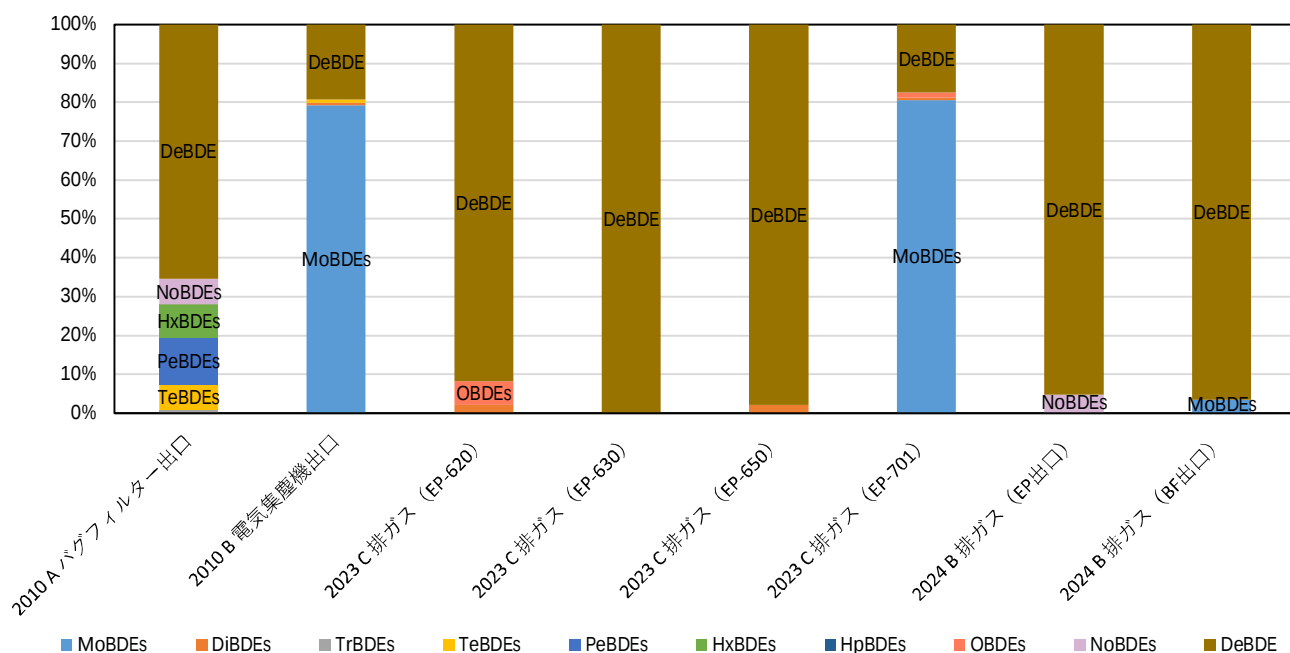
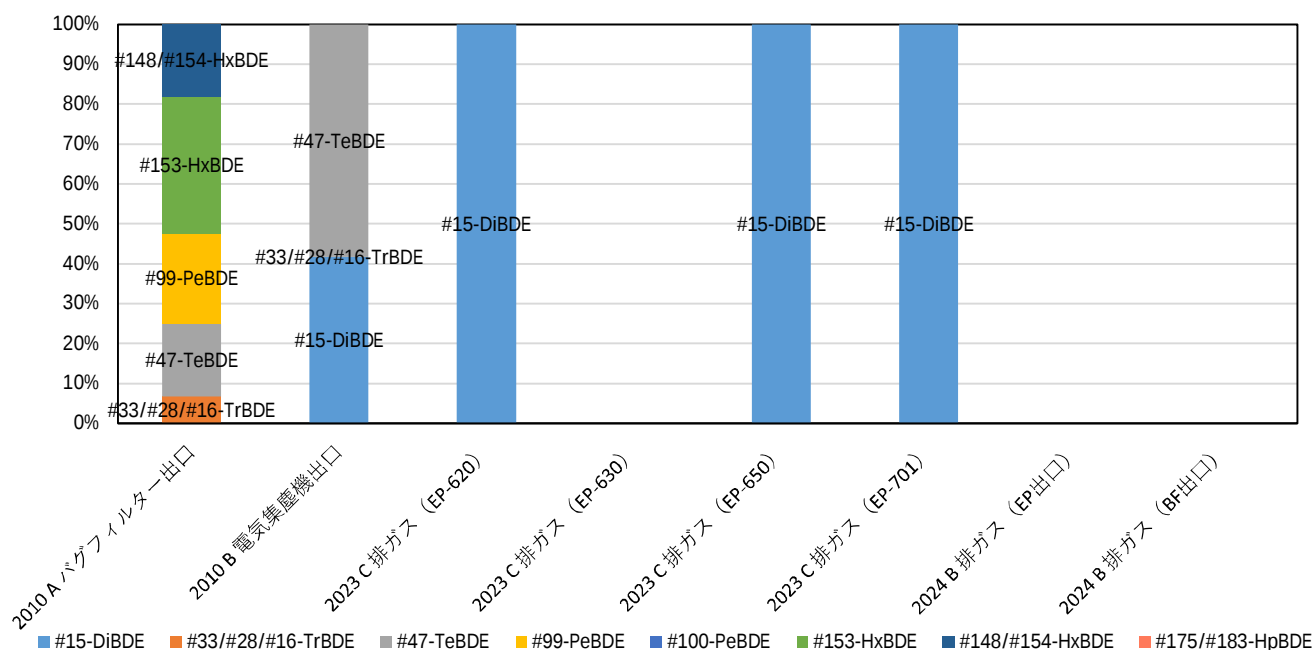


図 6-21 排ガス中 PBDEs 同族体組成（セメント製造施設）



※棒グラフがない試料は検出下限値未満（ND）

図 6-22 排ガス中 PBDEs 異性体組成（セメント製造施設）

d.TBBPA

TBBPA 実測濃度は、B 施設では未測定、C 施設の排ガス処理後で、1 系統では、ND~0.9（平均 0.3）ng/m³、2 系統では ND であった（表 6-8）。

e.HBCDs

HBCDs 実測濃度は、B 施設では未測定、C 施設の排ガス処理後で、1 系統では、ND、2 系統では ND であった（表 6-8）。

f.PBPhs

PBPhs 実測濃度は、B 施設の EP 出口では 400 ng/ m³、BF 出口では 820 ng/ m³、C 施設の排ガス処理後で、1 系統では、100～130（平均 120） ng/m³、2 系統では 11,000 ng/m³ であった（表 6-8）。

PBPhs 異性体組成では、B 施設及び C 施設ともに 2-MonoBPh、3/4-MonoBPh が主要な異性体であった（図 6-23）。

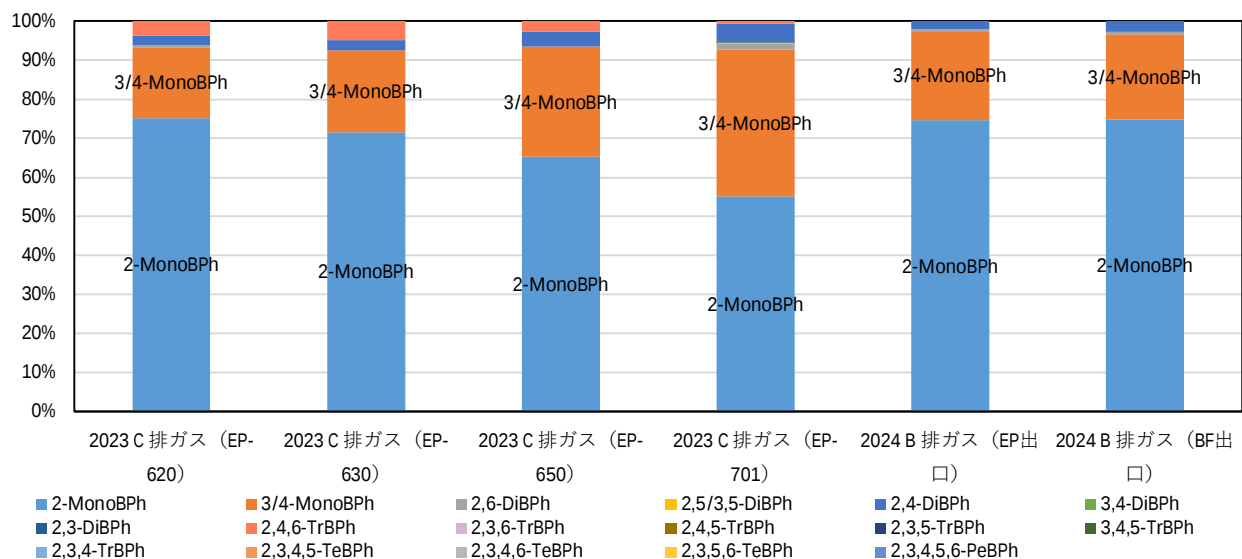


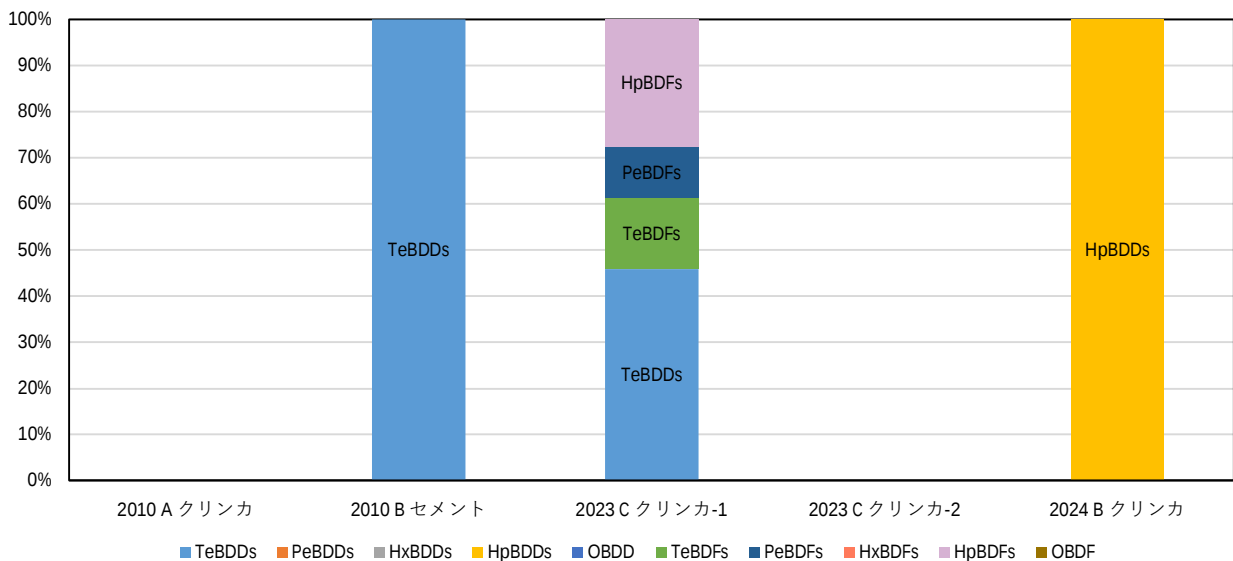
図 6-23 排ガス中 PBPhs 同族体組成（セメント製造施設）

(2) 製品

a.PBDD/Fs

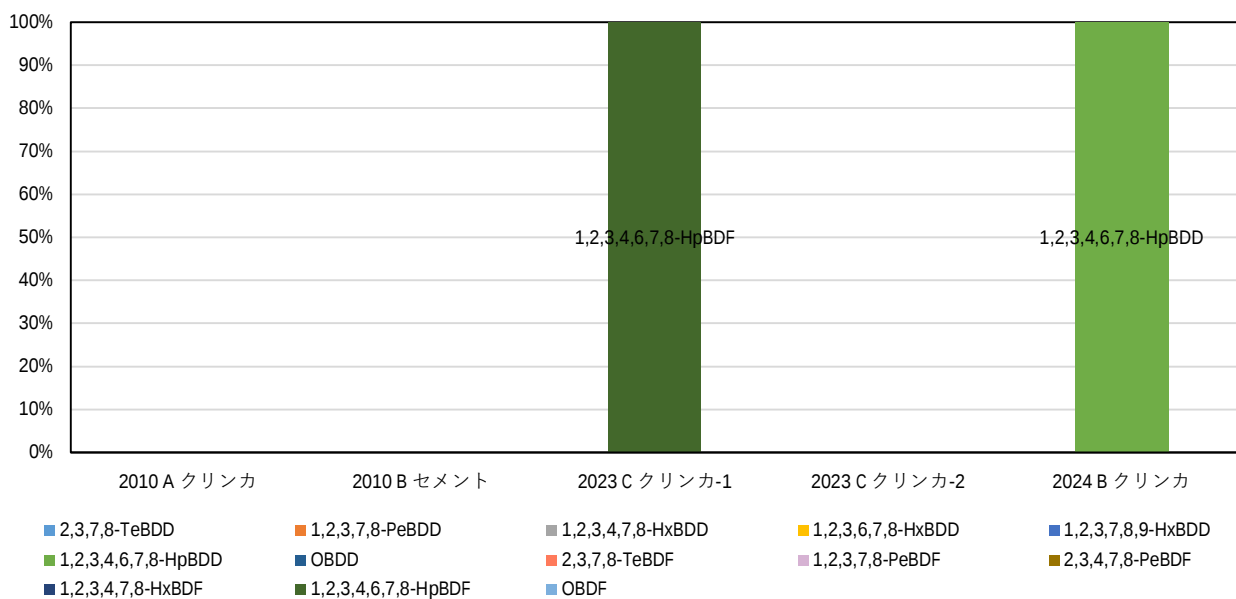
PBDD/Fs 実測濃度は、B 施設では 0.004ng/g-dry、C 施設の 1 系統では、0.0019 ng/g-dry、2 系統では ND であり、毒性等量相当値（ND=0）は、B 施設では 0.00004 ng-TEQ/g-dry、C 施設の 1 系統では、0.000005 ng-TEQ/g-dry、2 系統では、0 ng-TEQ/g-dry であった（表 6-9）。

PBDD/Fs 同族体組成は、B 施設では HpBDDs、C 施設では未検出の製品もある中、TeBDDs が主要な同族体であった（図 6-24）。PBDD/Fs 異性体組成は、B 施設では 1,2,3,4,6,7,8-HpBDD、C 施設では未検出の製品もある中、1,2,3,4,6,7,8-HpBDF が主要な異性体であった（図 6-25）。



※棒グラフがない試料は検出下限値未満（ND）

図 6-24 製品中 PBDD/Fs 同族体組成（セメント製造施設）



※棒グラフがない試料は検出下限値未満（ND）

図 6-25 製品中 PBDD/Fs 異性体組成（セメント製造施設）

表 6-9 セメント製造施設の製品分析結果

調査 年度	施 設 名	試料名	PBDD/Fs		PCDD/Fs,Co-PCB		PBDEs	HBCDs	TBBPA	PBPhs	備考
			実測濃度（左）：ng/g-dry 毒性等量（右）：ng-TEQ/g-dry				実測濃度（ng/g-dry）				
2010 (H22)	A	クリンカ	ND	0	0.025	0.00053	0.51	ND	0.08	未測定	
	B	セメント	0.0005	0	0.084	0.00088	0.25	ND	0.20	未測定	
2023 (R5)	C	クリンカ-1	0.0019	0.000005	0.16	0.000030	0.08	ND	ND	3.0	1 系統内の試料
		クリンカ-2	ND	0	0.023	0.000022	0.07	ND	ND	0.5	2 系統内の試料
2024 (R6)	B	クリンカ	0.004	0.00004	0.028	0.0000013	6.6	未測定	未測定	ND	

注 1) TEF は、WHO/IPCS(2006)の TEF を適用した。

注 2) 毒性等量値は検出下限値未満を「0」として算出したものである。

注 3) 表中の「ND」は、検出下限値未満であることを示す。

注 4) HBCD、TBBPA は過年度調査（R5）において、ND であったことから、本年度調査においては未測定。

b.PCDD/Fs、Co-PCB

PCDD/Fs 及び Co-PCB 実測濃度は、B 施設では 0.028 ng/g-dry、C 施設の 1 系統では、0.16 ng/g-dry、2 系統では 0.023 ng/g-dry であり、毒性等量相当値 (ND=0) は、B 施設では 0.0000013 ng-TEQ/g-dry、C 施設の 1 系統では 0.000030 ng-TEQ/g-dry、2 系統では 0.000022 ng-TEQ/g-dry であった (表 6-9)。

c.PBDEs

PBDEs 実測濃度は、B 施設では 6.6 ng/g-dry、C 施設の 1 系統では 0.08ng-TEQ/g-dry、2 系統では 0.07 ng-TEQ/g-dry であった (表 6-9)。

PBDEs 同族体組成は、B 施設及び C 施設ともに DeBDEs が主要な同族体であった (図 6-26)。PBDEs 異性体組成は、B 施設では #15-DiBDE、C 施設では #47-TeBDE、#99-PeBDE、#175/#183-HpBDE が主要な異性体であった (図 6-27)。

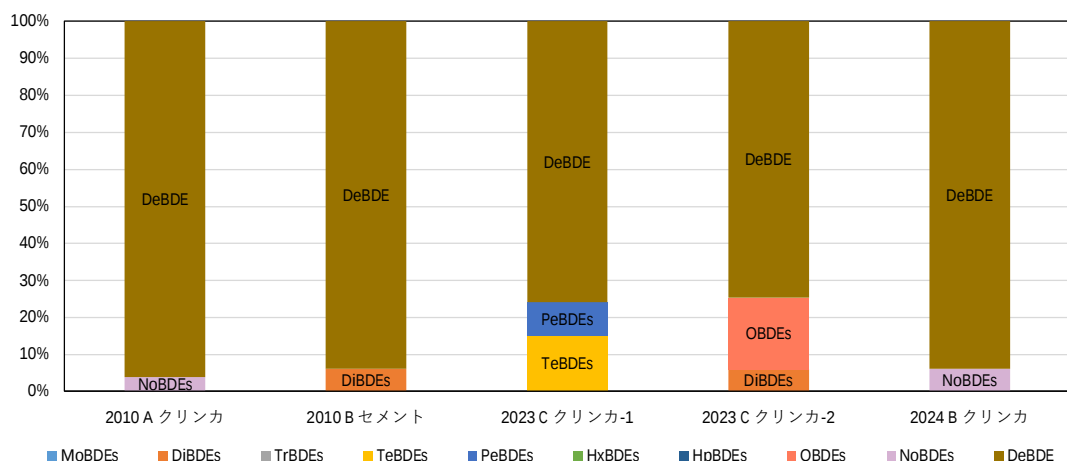


図 6-26 製品中 PBDEs 同族体組成 (セメント製造施設)

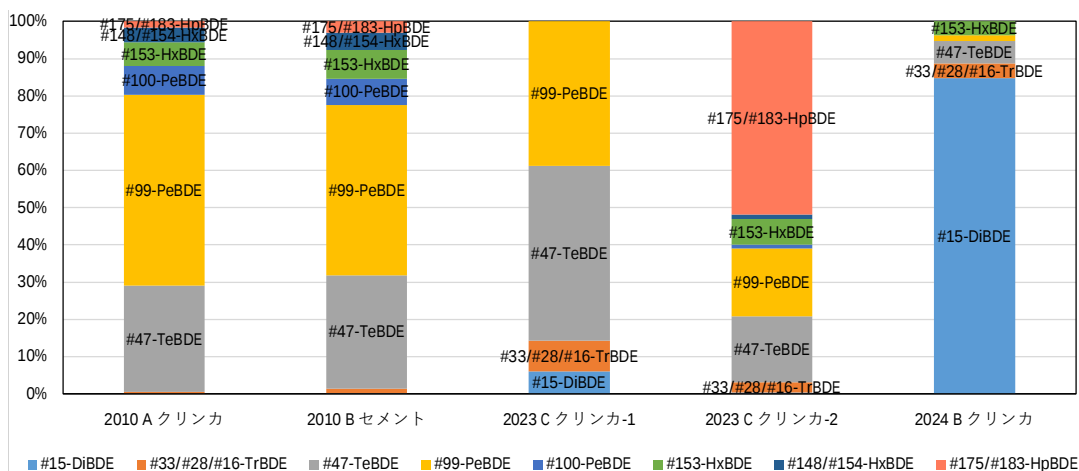


図 6-27 製品中 PBDEs 異性体組成 (セメント製造施設)

d.TBBPA

TBBPA 実測濃度は、B 施設は未測定、C 施設の 1 系統では ND、2 系統では ND であった（表 6-9）。

e.HBCDs

HBCDs 実測濃度は、B 施設は未測定、C 施設の 1 系統では ND、2 系統では ND であった（表 6-9）。

f.PBPhs

PBPhs 実測濃度は、B 施設では ND、C 施設の 1 系統では、3.0 ng/g-dry、2 系統では 0.5 ng/g-dry であった（表 6-9）。

(2) 考察

- ・ セメント製造施設の B 施設及び C 施設において、排ガス中の PBDD/Fs 濃度レベルは 2010 年度調査と同様に他の発生源よりも低かった。製品のクリンカも 2010 年度調査と同程度であった。
- ・ C 施設の 2 系統の排ガスで、特異的な MoBDEs が優先的な PBDEs 同族体組成であったが、この点は 2010 年度 B 施設においても確認されている。2 系統の排ガスは、MoBPhs が 11,000 ng/m³ と高濃度で検出されており、これらの異性体が MoBDEs の熱生成に寄与していることが示唆された。
- ・ セメント製造施設では、副原料として様々な産業廃棄物が投入されている。また、B 施設及び C 施設ともに燃料として、臭素系化合物を含有していると想定される ASR やシュレッダーダストも投入されていたが、排ガスや製品中の PBDD/Fs 濃度レベルはかなり低く、現状の排ガス処理施設で十分に処理できていると思われる。

7. 臭素系ダイオキシン類暫定排出インベントリー（参考値）

7.1 臭素系ダイオキシン類排出量の推計

今年度調査した銅一次精錬施設及びセメント製造施設における大気系及び水系へのPBDD/Fs排出量を表7-1～表7-3に示す。

表 7-1 産業廃棄物焼却炉における大気系及び水系へのPBDD/Fs排出量の比較

	2024（R6）年度推計		2012（H24）年度推計	
推計方法	① 調査した施設の排ガス及び排水データから、年間排出量を算出。 ② 年間排出量を年間焼却量で除して、焼却量 1 トンあたりの排出原単位を算出。 ③ 排出原単位に全国産業廃棄物焼却量を乗じて、年間排出量を推計。			
排出媒体	大気	水	大気	水
排出量原単位 (ng-TEQ/トン)	15.1	36.3	7.49	161
廃棄物焼却量 (トン/年)	23,500,000 (2021 年)	5,620,000 (2021 年)	22,200,000 (2010 年)	6,070,000 (2010 年)
全国排出量 (mg-TEQ/年)	355	204	166	975

表 7-2 銅一次精錬施設における大気系及び水系へのPBDD/Fs排出量の比較

	2024（R6）年度推計	
推計方法	① 調査した施設の排ガスデータから、年間排出量を算出。 ② 年間排出量を年間粗銅生産量で除して、粗銅生産量 1 トンあたりの排出原単位を算出。 ③ 排出原単位に全国粗銅生産量を乗じて、年間排出量を推計。	
排出媒体	大気	水
排出量原単位 (ng-TEQ/トン)	10.7	7.73
粗銅生産量 (トン/年)	1,810,000 (2023 年)	1,810,000 (2023 年)
全国排出量 (mg-TEQ/年)	19.4	14.0

表 7-3 セメント製造施設における大気系への PBDD/Fs 排出量の比較

	2023・2024 年度推計	2010 年度推計
推計方法	① 調査した施設の排ガスデータから、年間排出量を算出。 ② 年間排出量を年間クリンカ製造量で除して、クリンカ製造量 1 トンあたりの排出原単位を算出。 ③ 排出原単位に全国のクリンカ製造量を乗じて、年間排出量を推計。	
排出量原単位 (ng-TEQ/トン)	1.85	10.2
クリンカ製造量 (トン/年)	40,316,000 (2023 年)	50,100,000 (2010 年)
全国排出量 (mg-TEQ/年)	74.7	510.1

7.2 臭素系ダイオキシン類の暫定排出インベントリー

7.1 で算出した臭素系ダイオキシン類の排出量のデータを用いて、PBDD/Fs の水系への年間排出量を表 7-4 に、PBDD/Fs の大気系への年間排出量を表 7-5 にまとめ、参考値として更新した臭素系ダイオキシン類暫定排出インベントリーを表 7-6 に示す。

今回は、臭素系ダイオキシン類の排出が疑われるが未測定であった銅一次精錬施設（A 施設）、臭素系ダイオキシン類の大気系への排出量が多い発生源であるセメント製造施設（B 施設、C 施設）の調査を実施した。

セメント製造施設からの大気系への PBDD/Fs 排出量については、2010 年度調査結果に基づき推計した値よりも約 85%減少した。

なお、産業廃棄物焼却施設からの PBDD/Fs 排出量は 2012 年度調査結果に基づき推計した値よりも高く推計されているが、今回の調査では、一般的な産業廃棄物焼却炉ではなく銅一次精錬施設の前処理として PBDEs 含有が多い製品を多く扱う 1 施設を対象としていることに留意が必要である。

表 7-4 PBDD/Fs の水系への年間排出量

		(mg-TEQ/年)
難燃剤製造・取扱施設	DeBDE、TBBPA、HxBBz	426.9153
	TBBPA ポリカーボネートオリゴマー	—
難燃樹脂製造施設	TBBPA エポキシ樹脂	6.69
	TrBPhs 末端処理 TBBPA 型エポキシ樹脂	7.06
難燃プラスチック製造加工施設	DBDPE 使用	23.3
	発泡ポリスチレン	0.234
難燃繊維加工施設 (DeBDE、DBDPE)		145.35
家電リサイクル施設		2.17
アルミニウム二次精錬・精製施設		1.10
銅一次精錬施設		14.0
セメント製造施設		29.4
廃棄物焼却施設	一般廃棄物焼却炉	0.948
	産業廃棄物焼却炉	204
下水道終末処理場		515
最終処分場	一般廃棄物管理型最終処分場	—
	産業廃棄物管理型最終処分場	0.674

表 7-5 PBDD/Fs の大気系への年間排出量

		(mg-TEQ/年)
難燃剤製造・取扱施設	TBBPA	1.08
	TBBPA ポリカーボネートオリゴマー	1.87
	DeBDE	2.07
難燃樹脂製造施設	TBBPA エポキシ樹脂	0.00163
	TrBPhs 末端処理 TBBPA 型エポキシ樹脂	0.760
難燃プラスチック製造加工施設	DBDPE 使用	246
	発泡ポリスチレン	3.95
難燃繊維加工施設		0.766
家電リサイクル施設		1.14
アルミニウム二次精錬・精製施設		55.9
銅一次精錬施設		19.4
製鋼用電気炉		82.2
セメント製造施設		74.7
廃棄物焼却施設	一般廃棄物焼却炉	179
	産業廃棄物焼却炉	355
下水道終末処理場		19.7

表 7-6 臭素系ダイオキシン類暫定排出インベントリー（参考値）

PBDD/Fs (2003～2024 年度調査)		年間排出量(g-TEQ/年)				
		DeBDE 規制前	調査 年度	DeBDE 規制後	調査 年度	最新値
大 気 へ の 排 出 源	セメント製造施設	0.51	2010	0.0747	2023 2024	0.0747
	難燃プラスチック製造加工 施設(BFR)	1.03	2004	0.250	2020 2022	0.250
	一般廃棄物焼却炉	0.18	2012	—	—	0.18
	産業廃棄物焼却炉	0.17	2012	0.355	2024	0.355
	製鋼用電気炉	—	—	0.082	2019	0.082
	アルミニウム第二次精練・ 精製施設	0.056	2009	—	—	0.056
	銅一次精錬施設	—	—	0.0194	2024	0.0194
	下水道終末処理場 (汚泥焼却炉として)	0.020	2014	—	—	0.020
	小計	1.96				1.04
水 へ の 排 出 源	下水道終末処理場	1.05	2014	0.515	2019 2023	0.515
	難燃剤製造・取扱施設(BFR)	0.59	2006	0.426	2021	0.426
	難燃繊維加工施設(BFR)	1.37	2013 2017	0.145	2019 2020 2021	0.145
	難燃プラスチック製造加工 施設(BFR)	0.045	2004	0.0232	2020 2022	0.0232
	銅一次精錬施設	—	—	0.0140	2024	0.0140
	産業廃棄物焼却炉	—	—	0.204	2024	0.204
	セメント製造施設	0.029	2010	—	—	0.029
	難燃剤樹脂製造施設(BFR)	0.0071	2008	—	—	0.0071
	小計	3.08				1.37
合計		5.0				2.41

7.3 臭素系ダイオキシン類の暫定排出インベントリー推計に係る課題

- ① 化審法による DeBDE 使用禁止により、PBDD/Fs 排出量は規制前より半減しているが、代替難燃剤である DBDPE（デカブロモジフェニルエタン）使用施設の中には、排ガスや排水に比較的高濃度の PBDD/Fs が検出されており、DBDPE の使用施設の排出実態も注視して行く必要がある。
- ② PBDD/Fs 排出量推計において、活動指標として DeBDE の使用量または需要量等から PBDD/Fs 排出原単位を算出している施設は、今後、再調査した後、排出量が計算できなくなるため、推計方法を適宜見直す必要がある。未調査施設の排ガス量や排水量の情報がない場合、調査した施設の情報からの推計になるので、調査データが少ない場合、推計精度に欠ける可能性がある。
- ③ PBDD/Fs の排出源が網羅されていない可能性がある現状の未測定業種として、令和 6 年度は、非鉄金属精錬施設（銅）において調査を行った。その他の発生源として、DeBDE 含有廃棄物の混入が疑われる再生プラスチック施設や廃プラスチック再資源化施設、BFR 含有廃基板の再資源化施設である非鉄金属精錬施設（亜鉛、鉛）などはこれまでに調査を実施していない。

別表 - 1

調査結果(個別結果)

表1 排出ガス中のPBDD/Fs分析結果(実測濃度) (ng/m³)

物質名	A 施設			
	①排ガス（急冷塔出口）	②排ガス（煙突前）	③排ガス（No.2高排気塔）	④排ガス（No.3高排気塔）
2,3,7,8-TeBDD	0.012	ND	ND	ND
TeBDDs	0.17	0.021	0.0012	ND
1,2,3,7,8-PeBDD	0.0016	ND	ND	ND
PeBDDs	0.048	0.0067	ND	ND
1,2,3,4,7,8-HxBDD	ND	ND	ND	ND
1,2,3,6,7,8-HxBDD	ND	ND	ND	ND
1,2,3,7,8,9-HxBDD	ND	ND	ND	ND
HxBDDs	ND	ND	ND	ND
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	ND	ND	ND	ND
HpBDDs	ND	ND	ND	ND
OBDD	ND	ND	ND	ND
Total PBDDs	0.22	0.028	0.0012	ND
2,3,7,8-TeBDF	0.022	0.0049	ND	ND
TeBDFs	0.14	0.024	0.0012	0.0009
1,2,3,7,8-PeBDF	0.020	0.0009	ND	ND
2,3,4,7,8-PeBDF	0.039	0.0011	ND	ND
PeBDFs	0.092	0.0093	ND	ND
1,2,3,4,7,8-HxBDF	0.057	0.003	ND	ND
HxBDFs	0.073	0.006	0.002	0.002
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0.049	0.002	0.002	ND
HpBDFs	0.049	0.002	0.002	ND
OBDF	0.010	ND	ND	ND
Total PBDFs	0.37	0.041	0.006	0.003
Total (PBDDs+PBDFs)	0.59	0.069	0.007	0.003

表2 排出ガス中のPBDD/Fs分析結果(毒性等量相当値) (ng-TEQ/m³)

物質名	A施設			
	①排ガス（急冷塔出口）*	②排ガス（煙突前）*	③排ガス（No.2高排気塔）	④排ガス（No.3高排気塔）
2,3,7,8-TeBDD	0.011	0.00005	0.00005	0.00005
1,2,3,7,8-PeBDD	0.0014	0.00015	0.00015	0.00015
1,2,3,4,7,8-HxBDD	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
1,2,3,6,7,8-HxBDD	0.00015	0.0001	0.0001	0.0001
1,2,3,7,8,9-HxBDD	0.0001	0.00005	0.0001	0.0001
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	0.00001	0.000005	0.000005	0.000005
OBDD	0.0000006	0.00000045	0.00000045	0.00000045
2,3,7,8-TeBDF	0.0019	0.00045	0.000005	0.000005
1,2,3,7,8-PeBDF	0.00054	0.000024	0.0000075	0.0000075
2,3,4,7,8-PeBDF	0.0102	0.00030	0.000105	0.000105
1,2,3,4,7,8-HxBDF	0.0050	0.00028	0.00005	0.00005
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0.00043	0.000018	0.00002	0.000005
OBDF	0.0000027	0.0000006	0.0000006	0.0000006
Total TEQ（下限×1/2）	0.031	0.0015	0.00069	0.00068
Total TEQ（ND=0）	0.030	0.0011	0.00002	0

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

* 毒性等量相当値は、検出下限未満を検出下限の1/2として算出した値である。

* 「*」 毒性等量相当値は、12%酸素換算濃度から算出した値である。

表3 排出ガス中のPBDD/Fs分析結果(実測濃度) (ng/m³)

物質名	B 施設	
	排ガス (EP出口)	排ガス (BF出口)
2,3,7,8-TeBDD	ND	ND
TeBDDs	0.0013	0.00014
1,2,3,7,8-PeBDD	ND	ND
PeBDDs	ND	ND
1,2,3,4,7,8-HxBDD	ND	ND
1,2,3,6,7,8-HxBDD	ND	ND
1,2,3,7,8,9-HxBDD	ND	ND
HxBDDs	ND	ND
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	0.001	0.0020
HpBDDs	0.001	0.0020
OBDD	ND	ND
Total PBDDs	0.003	0.0021
2,3,7,8-TeBDF	ND	ND
TeBDFs	0.00090	0.00092
1,2,3,7,8-PeBDF	ND	ND
2,3,4,7,8-PeBDF	ND	ND
PeBDFs	0.0008	0.0007
1,2,3,4,7,8-HxBDF	ND	ND
HxBDFs	0.003	0.002
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0.004	0.002
HpBDFs	0.004	0.002
OBDF	0.004	0.005
Total PBDFs	0.012	0.011
Total (PBDDs+PBDFs)	0.015	0.013

表4 排出ガス中のPBDD/Fs分析結果(毒性等量相当値) (ng-TEQ/m³)

物質名	B 施設	
	排ガス (EP出口)	排ガス (BF出口)
2,3,7,8-TeBDD	0.000045	0.00004
1,2,3,7,8-PeBDD	0.00015	0.0001
1,2,3,4,7,8-HxBDD	0.00005	0.00005
1,2,3,6,7,8-HxBDD	0.0001	0.00005
1,2,3,7,8,9-HxBDD	0.00005	0.00005
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	0.00001	0.000019
OBDD	0.00000045	0.0000003
2,3,7,8-TeBDF	0.0000045	0.0000045
1,2,3,7,8-PeBDF	0.000006	0.000006
2,3,4,7,8-PeBDF	0.000075	0.000075
1,2,3,4,7,8-HxBDF	0.00005	0.00005
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0.00004	0.00002
OBDF	0.0000012	0.0000015
TotalTEQ (下限×1/2)	0.00058	0.00047
TotalTEQ (ND=0)	0.000051	0.000040

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

* 毒性等量相当値は、検出下限未満を検出下限の1/2として算出した値である。

* 毒性等量相当値は、12%酸素換算濃度から算出した値である。

表5 排出ガス中のPBDD/Fs分析結果(実測濃度) (ng/m³)

物質名	C 施設			
	排ガス (EP-620)	排ガス (EP-630)	排ガス (EP-650)	排ガス (EP-701)
2,3,7,8-TeBDD	ND	ND	ND	ND
TeBDDs	0.0002	0.0007	0.0014	0.0002
1,2,3,7,8-PeBDD	ND	ND	ND	ND
PeBDDs	ND	ND	ND	ND
1,2,3,4,7,8-HxBDD	ND	ND	ND	ND
1,2,3,6,7,8-HxBDD	ND	ND	ND	ND
1,2,3,7,8,9-HxBDD	ND	ND	ND	ND
HxBDDs	ND	ND	ND	ND
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	ND	ND	ND	ND
HpBDDs	ND	ND	ND	ND
OBDD	ND	ND	ND	ND
Total PBDDs	0.0002	0.0007	0.0014	0.0002
2,3,7,8-TeBDF	0.0008	0.0010	0.0008	ND
TeBDFs	0.0025	0.0027	0.0023	0.0004
1,2,3,7,8-PeBDF	ND	ND	ND	ND
2,3,4,7,8-PeBDF	ND	ND	ND	ND
PeBDFs	0.0006	0.0007	0.0008	ND
1,2,3,4,7,8-HxBDF	ND	ND	ND	ND
HxBDFs	0.002	0.002	0.002	0.002
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0.004	0.003	0.002	0.002
HpBDFs	0.004	0.003	0.002	0.002
OBDF	0.005	ND	ND	ND
Total PBDFs	0.014	0.009	0.007	0.005
Total (PBDDs+PBDFs)	0.014	0.010	0.008	0.005

表6 排出ガス中のPBDD/Fs分析結果(毒性等量相当値) (ng-TEQ/m³)

物質名	C 施設			
	排ガス (EP-620)	排ガス (EP-630)	排ガス (EP-650)	排ガス (EP-701)
2,3,7,8-TeBDD	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005
1,2,3,7,8-PeBDD	0.00015	0.0002	0.00015	0.00015
1,2,3,4,7,8-HxBDD	0.00005	0.0001	0.0001	0.0001
1,2,3,6,7,8-HxBDD	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
1,2,3,7,8,9-HxBDD	0.00005	0.0001	0.00005	0.00005
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	0.000005	0.000005	0.000005	0.000005
OBDD	0.00000045	0.00000045	0.00000045	0.00000045
2,3,7,8-TeBDF	0.000076	0.000094	0.00008	0.000005
1,2,3,7,8-PeBDF	0.0000075	0.000009	0.0000075	0.0000075
2,3,4,7,8-PeBDF	0.00009	0.000105	0.00009	0.000105
1,2,3,4,7,8-HxBDF	0.00005	0.0001	0.00005	0.00005
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0.000038	0.000028	0.00002	0.000014
OBDF	0.0000015	0.0000006	0.00000045	0.0000006
Total TEQ (下限×1/2)	0.00067	0.00089	0.00070	0.00064
Total TEQ (ND=0)	0.00012	0.00012	0.00010	0.000014

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

* 毒性等量相当値は、検出下限未満を検出下限の1/2として算出した値である。

* 毒性等量相当値は、12%酸素換算濃度から算出した値である。

表7 排出ガス中のPCDD/Fs・Co-PCB分析結果(実測濃度)(ng/m³)

物質名		A施設			
		①排ガス（急冷塔出口）＊	②排ガス（煙突前）＊	③排ガス（No.2高排気塔）	④排ガス（No.3高排気塔）
PCDDs	2,3,7,8-TeCDD	0.009	ND	ND	ND
	TeCDDs	0.084	ND	0.005	0.001
	1,2,3,7,8-PeCDD	0.044	ND	ND	ND
	PeCDDs	0.27	ND	ND	ND
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.14	ND	ND	ND
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.15	ND	ND	ND
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.14	ND	ND	ND
	HxCDDs	1.5	0.001	ND	ND
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	5.4	0.003	ND	ND
	HpCDDs	10	0.006	ND	ND
	OCDD	45	0.0060	ND	ND
	Total PCDDs	57	0.013	0.005	0.001
PCDFs	2,3,7,8-TeCDF	0.11	ND	ND	ND
	TeCDFs	5.6	ND	ND	ND
	1,2,3,7,8-PeCDF	0.50	ND	ND	ND
	2,3,4,7,8-PeCDF	0.77	ND	ND	ND
	PeCDFs	16	0.005	ND	ND
	1,2,3,4,7,8-HxCDF	2.6	ND	ND	ND
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	4.5	ND	ND	ND
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.63	ND	ND	ND
	2,3,4,6,7,8+1,2,3,6,8,9-HxCDF	9.6	ND	ND	ND
	HxCDFs	43	0.003	ND	ND
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	49	0.011	0.0020	ND
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	24	0.0042	ND	ND
	HpCDFs	130	0.026	0.0020	ND
	OCDF	610	0.051	0.0081	ND
	Total PCDFs	810	0.085	0.010	ND
Total PCDD/Fs		860	0.098	0.015	0.001
Co-PCB	3,4,4',5-TeCB(#81)	0.011	0.0008	0.0079	0.0008
	3,3',4,4'-TeCB(#77)	0.070	0.009	0.12	0.005
	3,3',4,4',5-PeCB(#126)	0.023	0.001	0.002	ND
	3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	0.032	ND	ND	ND
	Total non-ortho CBs	0.14	0.011	0.13	0.006
	2',3,4,4',5-PeCB(#123)	0.005	0.001	0.092	ND
	2,3',4,4',5-PeCB(#118)	0.066	0.042	4.2	0.029
	2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	0.052	0.016	1.3	0.011
	2,3,4,4',5-PeCB(#114)	0.006	0.002	0.11	ND
	2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	0.023	0.001	0.069	ND
	2,3,3',4,4',5-HxCB(#156)	0.048	0.003	0.13	0.001
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	0.032	ND	0.028	ND
	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	0.14	0.0011	0.0032	ND
	Total mono-ortho CBs	0.37	0.066	5.9	0.041
Total Co-PCB		0.51	0.077	6.1	0.047
Total PCDD/Fs・Co-PCB		860	0.18	6.1	0.048
毒性等量 (ng-TEQ/m ³)	Total PCDD/Fs	2.7	0.00018	0.000022	0
	Total Co-PCB	0.0029	0.000093	0.00039	0.0000020
	Total PCDD/Fs・Co-PCB	2.7	0.00028	0.00041	0.0000020

＊毒性等量は、検出下限未満を「0」として算出した値である。

＊「＊」の毒性等量は、12%酸素換算濃度から算出した値である。

表8 排出ガス中のPCDD/Fs・Co-PCB分析結果(実測濃度)(ng/m³)

物質名		B施設	
		排ガス (EP出口)	排ガス (BF出口)
PCDDs	2,3,7,8-TeCDD	0.002	ND
	TeCDDs	0.12	0.0035
	1,2,3,7,8-PeCDD	0.0032	ND
	PeCDDs	0.049	ND
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.0009	ND
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	ND	ND
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.0014	ND
	HxCDDs	0.016	ND
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.0032	ND
	HpCDDs	0.0068	ND
	OCDD	0.011	0.0021
	Total PCDDs	0.20	0.0056
PCDFs	2,3,7,8-TeCDF	0.021	0.001
	TeCDFs	0.99	0.034
	1,2,3,7,8-PeCDF	0.011	ND
	2,3,4,7,8-PeCDF	0.013	ND
	PeCDFs	0.25	0.0016
	1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.0060	ND
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.006	ND
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	ND	ND
	2,3,4,6,7,8+1,2,3,6,8,9-HxCDF	0.0043	ND
	HxCDFs	0.053	ND
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.0065	ND
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	ND	ND
	HpCDFs	0.0065	ND
	OCDF	0.0024	0.0024
	Total PCDFs	1.3	0.038
Total PCDD/Fs		1.5	0.044
Co-PCB	3,4,4',5'-TeCB(#81)	0.054	0.0042
	3,3',4,4'-TeCB(#77)	0.18	0.017
	3,3',4,4',5'-PeCB(#126)	0.033	ND
	3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	0.001	ND
	Total non-ortho CBs	0.27	0.022
	2',3,4,4',5'-PeCB(#123)	0.0064	0.0018
	2,3',4,4',5'-PeCB(#118)	0.15	0.072
	2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	0.058	0.024
	2,3,4,4',5'-PeCB(#114)	0.010	0.0029
	2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	0.0050	0.0017
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#156)	0.0082	0.0026
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	0.0023	0.0008
	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	ND	ND
	Total mono-ortho CBs	0.24	0.11
Total Co-PCB		0.51	0.13
Total PCDD/Fs・Co-PCB		2.0	0.17
毒性等量 (ng-TEQ/m ³)	Total PCDD/Fs	0.014	0.00010
	Total Co-PCB	0.0036	0.0000059
	Total PCDD/Fs・Co-PCB	0.018	0.00011

* 毒性等量は、検出下限未満を「0」として算出した値である。

* 毒性等量は、12%酸素換算濃度から算出した値である。

表9 排出ガス中のPCDD/Fs・Co-PCB分析結果(実測濃度)(ng/m³)

物質名		C 施設			
		排ガス (EP-620)	排ガス (EP-630)	排ガス (EP-650)	排ガス (EP-701)
PCDDs	2,3,7,8-TeCDD	ND	ND	ND	ND
	TeCDDs	0.001	0.016	0.11	0.069
	1,2,3,7,8-PeCDD	ND	ND	0.002	0.002
	PeCDDs	0.001	0.012	0.18	0.15
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	ND	ND	0.003	ND
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	ND	ND	0.011	0.0087
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	ND	ND	0.0082	0.0066
	HxCDDs	0.003	0.008	0.23	0.17
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.004	0.005	0.030	0.027
	HpCDDs	0.007	0.009	0.061	0.049
	OCDD	0.0054	0.0038	0.017	0.015
	Total PCDDs	0.018	0.048	0.60	0.46
PCDFs	2,3,7,8-TeCDF	ND	ND	0.006	0.003
	TeCDFs	0.009	0.087	0.31	0.14
	1,2,3,7,8-PeCDF	ND	0.001	0.005	0.002
	2,3,4,7,8-PeCDF	ND	ND	0.005	0.003
	PeCDFs	0.001	0.020	0.094	0.048
	1,2,3,4,7,8-HxCDF	ND	ND	0.0038	0.0020
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.0008	0.0010	0.0044	0.0033
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	ND	ND	0.0007	ND
	2,3,4,6,7,8+1,2,3,6,8,9-HxCDF	ND	ND	0.0044	0.0040
	HxCDFs	0.0034	0.0050	0.040	0.026
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.0071	0.0068	0.013	0.010
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.0018	0.0017	0.0028	0.0031
	HpCDFs	0.013	0.013	0.024	0.021
	OCDF	0.0077	0.0061	0.0087	0.0085
	Total PCDFs	0.035	0.13	0.48	0.24
Total PCDD/Fs		0.052	0.18	1.1	0.70
Co-PCB	3,4,4',5'-TeCB(#81)	0.0004	0.0020	0.0052	0.0077
	3,3',4,4'-TeCB(#77)	0.0042	0.010	0.024	0.075
	3,3',4,4',5'-PeCB(#126)	ND	0.001	0.005	0.003
	3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	ND	ND	ND	ND
	Total non-ortho CBs	0.0046	0.013	0.034	0.086
	2',3,4,4',5'-PeCB(#123)	ND	0.0011	0.0012	0.0031
	2,3',4,4',5'-PeCB(#118)	0.017	0.024	0.027	0.088
	2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	0.0062	0.009	0.0098	0.072
	2,3,4,4',5'-PeCB(#114)	ND	0.0011	0.0011	0.0024
	2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	0.0007	ND	0.0040	0.0077
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#156)	0.0013	0.002	0.002	0.020
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	ND	ND	0.0008	0.0055
	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	ND	ND	ND	0.002
	Total mono-ortho CBs	0.026	0.037	0.047	0.20
Total Co-PCB		0.030	0.050	0.080	0.29
Total PCDD/Fs・Co-PCB		0.082	0.23	1.2	0.99
毒性等量 (ng-TEQ/m ³)	Total PCDD/Fs	0.00021	0.00025	0.0082	0.0043
	Total Co-PCB	0.0000012	0.000093	0.00051	0.00022
	Total PCDD/Fs・Co-PCB	0.00021	0.00034	0.0087	0.0045

* 毒性等量は、検出下限未満を「0」として算出した値である。

* 毒性等量は、12%酸素換算濃度から算出した値である。

表10 排出ガス中のPBDEs分析結果(実測濃度)(ng/m³)

物質名	A 施設			
	①排ガス (急冷塔出口)	②排ガス (煙突前)	③排ガス(No.2 高排気塔)	④排ガス(No.3 高排気塔)
MoBDEs	ND	ND	3.2	ND
4,4'-DiBDE(#15)	0.56	0.26	1.7	ND
DiBDEs	0.56	0.26	4.7	ND
2',3,4/2,4,4'/2,2',3-TrBDE(#33/#28/#16)	0.1	ND	2.4	ND
TrBDEs	0.1	ND	4.8	ND
2,2',4,4'-TeBDE(#47)	ND	ND	4.1	ND
TeBDEs	ND	0.2	5.1	ND
2,2',4,4',5-PeBDE(#99)	ND	ND	0.8	ND
2,2',4,4',6-PeBDE(#100)	ND	ND	0.2	ND
PeBDEs	ND	ND	1.0	ND
2,2',4,4',5,5'-HxBDE(#153)	ND	ND	ND	ND
2,2',4,4',5,6'-HxBDE(#148/#154)	ND	ND	ND	ND
HxBDEs	ND	ND	ND	ND
2,2',3,3',4,5',6/2,2',3,4,4',5',6-HpBDE(#175/#183)	ND	ND	ND	ND
HpBDEs	ND	ND	ND	ND
OBDEs	ND	ND	ND	ND
NoBDEs	ND	ND	ND	ND
DeBDE	1.5	0.7	0.8	0.7
Total PBDEs	2.2	1.1	20	0.7

表11 排出ガス中のHBCDs,TBBPA及びPBPhs分析結果(実測濃度) (ng/m³)

物質名	A 施設			
	①排ガス (急冷塔出口)	②排ガス (煙突前)	③排ガス(No.2 高排気塔)	④排ガス(No.3 高排気塔)
α-HBCD	ND	ND	ND	ND
β-HBCD	ND	ND	ND	ND
γ-HBCD	ND	ND	ND	ND
Total HBCDs	ND	ND	ND	ND
TBBPA	12	2.1	ND	ND
2-MoBPh	1400	850	9	2.7
3/4-MoBPh	11000	6000	7	17
MoBPhs	13000	6800	17	20
2,6-DiBPh	1200	880	3	1.3
2,5/3,5-DiBPh	ND	ND	ND	ND
2,4-DiBPh	9400	6700	6	13
3,4-DiBPh	ND	ND	ND	ND
2,3-DiBPh	ND	ND	ND	ND
DiBPhs	11000	7500	9	14
2,4,6-TrBPh	4200	7400	10	18
2,3,6-TrBPh	ND	ND	ND	ND
2,4,5-TrBPh	ND	ND	ND	ND
2,3,5-TrBPh	ND	ND	ND	ND
3,4,5-TrBPh	ND	ND	ND	ND
2,3,4-TrBPh	ND	ND	ND	ND
TrBPhs	4200	7400	10	18
2,3,4,5-TeBPh	9	ND	ND	ND
2,3,4,6-TeBPh	2	ND	ND	ND
2,3,5,6-TeBPh	ND	ND	ND	ND
TeBPhs	11	ND	ND	ND
2,3,4,5,6-PeBPh	ND	ND	ND	ND
Total PBPhs	27000	22000	36	52

表12 排出ガス中のPBDEs分析結果(実測濃度)(ng/m³)

物質名	B 施設	
	排ガス (EP出口)	排ガス (BF出口)
MoBDEs	ND	0.6
4,4'-DiBDE(#15)	ND	ND
DiBDEs	ND	ND
2',3,4/2,4,4'/2,2',3-TrBDE(#33/#28/#16)	ND	ND
TrBDEs	ND	ND
2,2',4,4'-TeBDE(#47)	ND	ND
TeBDEs	ND	ND
2,2',4,4',5-PeBDE(#99)	ND	ND
2,2',4,4',6-PeBDE(#100)	ND	ND
PeBDEs	ND	ND
2,2',4,4',5,5'-HxBDE(#153)	ND	ND
2,2',4,4',5,6'-HxBDE(#148/#154)	ND	ND
HxBDEs	ND	ND
2,2',3,3',4,5',6/2,2',3,4,4',5',6-HpBDE(#175/#183)	ND	ND
HpBDEs	ND	ND
OBDEs	ND	ND
NoBDEs	1.0	ND
DeBDE	20	17
Total PBDEs	21	18

表13 排出ガス中のHBCDs,TBBPA及びPBPhs分析結果(実測濃度) (ng/m³)

物質名	B 施設	
	排ガス (EP出口)	排ガス (BF出口)
2-MoBPh	300	620
3/4-MoBPh	92	180
MoBPhs	390	800
2,6-DiBPh	2	6
2,5/3,5-DiBPh	ND	ND
2,4-DiBPh	8	22
3,4-DiBPh	ND	ND
2,3-DiBPh	ND	ND
DiBPhs	10	28
2,4,6-TrBPh	ND	ND
2,3,6-TrBPh	ND	ND
2,4,5-TrBPh	ND	ND
2,3,5-TrBPh	ND	ND
3,4,5-TrBPh	ND	ND
2,3,4-TrBPh	ND	ND
TrBPhs	ND	ND
2,3,4,5-TeBPh	ND	ND
2,3,4,6-TeBPh	ND	ND
2,3,5,6-TeBPh	ND	ND
TeBPhs	ND	ND
2,3,4,5,6-PeBPh	ND	ND
Total PBPhs	400	820

表14 排出ガス中のPBDEs分析結果(実測濃度)(ng/m³)

物質名	C 施設			
	排ガス (EP-620)	排ガス (EP-630)	排ガス (EP-650)	排ガス (EP-701)
MoBDEs	ND	ND	ND	1.2
4,4'-DiBDE(#15)	0.010	ND	0.009	0.009
DiBDEs	0.010	ND	0.009	0.009
2',3,4/2,4,4'/2,2',3-TrBDE(#33/#28/#16)	ND	ND	ND	ND
TrBDEs	ND	ND	ND	ND
2,2',4,4'-TeBDE(#47)	ND	ND	ND	ND
TeBDEs	ND	ND	ND	ND
2,2',4,4',5-PeBDE(#99)	ND	ND	ND	ND
2,2',4,4',6-PeBDE(#100)	ND	ND	ND	ND
PeBDEs	ND	ND	ND	ND
2,2',4,4',5,5'-HxBDE(#153)	ND	ND	ND	ND
2,2',4,4',5,6'-HxBDE(#154)	ND	ND	ND	ND
HxBDEs	ND	ND	ND	ND
2,2',3,3',4,5',6/2,2',3,4,4',5',6-HpBDE(#175/#183)	ND	ND	ND	ND
HpBDEs	ND	ND	ND	ND
OBDEs	0.03	ND	ND	0.02
NoBDEs	ND	ND	ND	ND
DeBDE	0.45	0.54	0.41	0.26
Total PBDEs	0.49	0.54	0.42	1.5

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

物質名	C 施設			
	排ガス (EP-620)	排ガス (EP-630)	排ガス (EP-650)	排ガス (EP-701)
α-HBCD	ND	ND	ND	ND
β-HBCD	ND	ND	ND	ND
γ-HBCD	ND	ND	ND	ND
Total HBCDs	ND	ND	ND	ND
TBBPA	ND	0.9	ND	ND
2-MoBPh	96	75	81	6000
3/4-MoBPh	23	22	35	4100
MoBPhs	120	97	120	10000
2,6-DiBPh	0.8	ND	ND	150
2,5/3,5-DiBPh	ND	ND	ND	41
2,4-DiBPh	3.2	2.7	4.7	540
3,4-DiBPh	ND	ND	ND	ND
2,3-DiBPh	ND	ND	ND	ND
DiBPhs	3.9	2.7	4.7	730
2,4,6-TrBPh	4.7	5.1	3.4	59
2,3,6-TrBPh	ND	ND	ND	ND
2,4,5-TrBPh	ND	ND	ND	ND
2,3,5-TrBPh	ND	ND	ND	ND
3,4,5-TrBPh	ND	ND	ND	ND
2,3,4-TrBPh	ND	ND	ND	ND
TrBPhs	4.7	5.1	3.4	59
2,3,4,5-TeBPh	ND	ND	ND	ND
2,3,4,6-TeBPh	ND	ND	ND	ND
2,3,5,6-TeBPh	ND	ND	ND	ND
TeBPhs	ND	ND	ND	ND
2,3,4,5,6-PeBPh	ND	ND	ND	ND
Total PBPhs	130	100	120	11000

表16 排出水中のPBDD/Fs分析結果(実測濃度) (pg/L)

物質名	A 施設				
	⑤スクラバー排水	⑥フィルタープレス水(溶融飛灰処理施設)	⑦硫酸工場ダスト排水	⑧フィルタープレス水(硫酸工場)	⑨総合排水
2,3,7,8-TeBDD	16	ND	9.7	ND	ND
TeBDDs	270	0.63	140	5.0	0.26
1,2,3,7,8-PeBDD	17	ND	5.0	ND	ND
PeBDDs	660	ND	57	0.4	0.03
1,2,3,4,7,8-HxBDD	33	ND	ND	ND	ND
1,2,3,6,7,8-HxBDD	160	ND	ND	ND	ND
1,2,3,7,8,9-HxBDD	15	ND	ND	ND	ND
HxBDDs	1400	ND	25	ND	0.11
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	370	1.1	15	ND	ND
HpBDDs	570	1.1	24	ND	ND
OBDD	320	ND	15	ND	ND
Total PBDDs	3200	1.7	260	5.4	0.40
2,3,7,8-TeBDF	17	ND	460	0.78	0.020
TeBDFs	150	0.25	5300	49	1.5
1,2,3,7,8-PeBDF	9.1	ND	230	1.3	ND
2,3,4,7,8-PeBDF	14	ND	130	0.9	ND
PeBDFs	190	0.4	1800	68	1.3
1,2,3,4,7,8-HxBDF	22	ND	140	5.3	0.09
HxBDFs	100	ND	540	56	2.0
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	24	0.9	110	30	2.1
HpBDFs	24	0.9	110	30	2.1
OBDF	6	4	7	17	4.5
Total PBDFs	470	5	7800	220	11
Total (PBDDs+PBDFs)	3700	7	8100	230	12

表17 排出水中のPBDD/Fs分析結果(毒性等量相当値) (pg-TEQ/L)

物質名	A 施設				
	⑤スクラバー排水	⑥フィルタープレス水(溶融飛灰処理施設)	⑦硫酸工場ダスト排水	⑧フィルタープレス水(硫酸工場)	⑨総合排水
2,3,7,8-TeBDD	16	0.02	9.7	0.02	0.002
1,2,3,7,8-PeBDD	17	0.05	5.0	0.05	0.005
1,2,3,4,7,8-HxBDD	3.3	0.03	0.1	0.03	0.003
1,2,3,6,7,8-HxBDD	16	0.035	0.15	0.035	0.0035
1,2,3,7,8,9-HxBDD	1.5	0.025	0.1	0.025	0.0025
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	3.7	0.011	0.15	0.002	0.0002
OBDD	0.096	0.00015	0.0045	0.00015	0.000015
2,3,7,8-TeBDF	1.7	0.002	46	0.078	0.0020
1,2,3,7,8-PeBDF	0.273	0.003	6.9	0.039	0.0003
2,3,4,7,8-PeBDF	4.2	0.03	39	0.27	0.003
1,2,3,4,7,8-HxBDF	2.2	0.025	14	0.53	0.009
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0.24	0.009	1.1	0.30	0.021
OBDF	0.0018	0.0012	0.0021	0.0051	0.00135
Total TEQ (下限×1/2)	66	0.24	120	1.4	0.053
Total TEQ (ND=0)	66	0.021	120	1.2	0.033

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

* 毒性等量相当値は、検出下限未満を検出下限の1/2として算出した値である。

表18 排出水中のPCDD/Fs・Co-PCB分析結果(実測濃度)(pg/L)

物質名		A施設				
		⑤スクラパー排水	⑥フィルタープレス水(溶融飛灰処理施設)	⑦硫酸工場ダスト排水	⑧フィルタープレス水(硫酸工場)	⑨総合排水
PCDDs	2,3,7,8-TeCDD	ND	ND	4.8	ND	ND
	TeCDDs	6.5	38	83	4.1	0.46
	1,2,3,7,8-PeCDD	2.0	ND	25	0.3	ND
	PeCDDs	42	6.4	190	5.4	0.13
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	3.7	0.3	23	0.4	ND
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	13	0.6	26	0.5	ND
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	5.5	0.36	24	0.34	ND
	HxCDDs	98	9.4	240	8.0	0.19
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	77	6.0	120	4.3	0.22
	HpCDDs	130	11	220	8.4	0.58
	OCDD	120	23	200	9.5	2.4
	Total PCDDs	390	88	940	35	3.7
PCDFs	2,3,7,8-TeCDF	1.0	0.3	76	0.4	ND
	TeCDFs	28	10	1600	15	0.10
	1,2,3,7,8-PeCDF	3.4	0.6	250	1.0	ND
	2,3,4,7,8-PeCDF	5.6	0.90	320	0.76	0.013
	PeCDFs	45	10	2500	13	0.07
	1,2,3,4,7,8-HxCDF	16	1.2	660	1.2	0.02
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	13	1.6	950	1.6	0.02
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	ND	0.31	110	0.23	ND
	2,3,4,6,7,8+1,2,3,6,8,9-HxCDF	17	2.9	760	1.8	ND
	HxCDFs	100	14	6300	12	0.11
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	63	13	3700	6.3	0.09
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	18	5.6	640	1.4	ND
	HpCDFs	120	32	5900	11	0.13
	OCDF	200	130	8000	12	0.13
	Total PCDFs	490	200	24000	64	0.54
Total PCDD/Fs		880	290	25000	99	4.3
Co-PCB	3,4,4',5'-TeCB(#81)	1.3	0.29	3.1	0.60	0.018
	3,3',4,4'-TeCB(#77)	3.8	1.1	23	2.2	0.37
	3,3',4,4',5'-PeCB(#126)	11	1.0	40	1.0	0.03
	3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	13	0.4	13	0.4	ND
	Total non-ortho CBs	30	2.7	79	4.2	0.41
	2',3,4,4',5'-PeCB(#123)	0.95	ND	0.49	0.46	0.047
	2,3',4,4',5'-PeCB(#118)	13	2.9	4.6	17	2.2
	2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	8.0	1.7	7.1	7.7	0.88
	2,3,4,4',5'-PeCB(#114)	1.4	0.17	0.61	0.62	0.062
	2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	4.5	0.34	ND	0.98	0.082
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#156)	11	0.73	8.8	2.0	0.20
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	9.3	0.41	6.5	0.63	0.045
	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	24	0.5	ND	0.70	0.03
	Total mono-ortho CBs	72	6.7	28	30	3.6
Total Co-PCB		100	9.4	110	34	4.0
Total PCDD/Fs・Co-PCB		980	300	25000	130	8.2
毒性等量 (ng-TEQ/m ³)	Total PCDD/Fs	12	1.3	443	1.3	0.12
	Total Co-PCB	1.5	0.11	4.4	0.11	0.0031
	Total PCDD/Fs・Co-PCB	14	1.4	450	1.4	0.015

* 毒性等量は、検出下限未満を「0」として算出した値である。

表19 排出水中のPBDEs分析結果(実測濃度)(ng/L)

物質名	A 施設				
	⑤スクラバー排水	⑥フィルタープレス水(溶融飛灰処理施設)	⑦硫酸工場ダスト排水	⑧フィルタープレス水(硫酸工場)	⑨総合排水
MoBDEs	ND	ND	ND	ND	ND
4,4'-DiBDE(#15)	0.05	ND	0.02	ND	ND
DiBDEs	0.05	ND	0.02	ND	ND
2',3,4/2,4,4'/2,2',3-TrBDE(#33/#28/#16)	0.14	ND	0.04	ND	ND
TrBDEs	0.21	ND	0.04	ND	ND
2,2',4,4'-TeBDE(#47)	0.15	ND	0.13	0.12	0.006
TeBDEs	3.2	ND	0.13	0.12	0.006
2,2',4,4',5-PeBDE(#99)	0.09	ND	0.08	0.14	0.007
2,2',4,4',6-PeBDE(#100)	1.8	ND	ND	ND	ND
PeBDEs	2.4	ND	0.08	0.14	0.007
2,2',4,4',5,5'-HxBDE(#153)	ND	ND	ND	ND	ND
2,2',4,4',5,6'-HxBDE(#148/#154)	0.28	ND	ND	ND	ND
HxBDEs	0.5	ND	ND	ND	ND
2,2',3,3',4,5',6/2,2',3,4,4',5',6-HpBDE(#175/#183)	ND	ND	ND	ND	ND
HpBDEs	ND	ND	ND	ND	ND
OBDEs	ND	ND	0.32	ND	ND
NoBDEs	ND	ND	ND	0.4	0.11
DeBDE	1.8	1.5	0.8	3.9	2.3
Total PBDEs	8.2	1.5	1.4	4.5	2.4

表20 排出水中のHBCDs,TBBPA及びPBPhs分析結果(実測濃度) (ng/L)

物質名	A施設				
	⑤スクラバー排水	⑥フィルタープレス水(溶融飛灰処理施設)	⑦硫酸工場ダスト排水	⑧フィルタープレス水(硫酸工場)	⑨総合排水
α-HBCD	ND	ND	ND	ND	ND
β-HBCD	ND	ND	ND	ND	ND
γ-HBCD	ND	ND	ND	ND	ND
Total HBCDs	ND	ND	ND	ND	ND
TBBPA	16	1.3	3.3	0.76	2.7
2-MoBPh	4.8	ND	29	1.1	ND
3/4-MoBPh	170	ND	220	4.4	0.89
MoBPhs	170	ND	250	5.5	0.89
2,6-DiBPh	ND	ND	14	ND	0.08
2,5/3,5-DiBPh	ND	ND	20	ND	ND
2,4-DiBPh	230	ND	130	2.4	0.61
3,4-DiBPh	ND	ND	35	ND	0.12
2,3-DiBPh	ND	ND	5.4	ND	ND
DiBPhs	230	ND	210	2.4	0.80
2,4,6-TrBPh	410	1.4	110	1.0	11
2,3,6-TrBPh	ND	ND	7.3	ND	ND
2,4,5-TrBPh	1.9	ND	ND	ND	ND
2,3,5-TrBPh	4.4	ND	32	ND	0.1
3,4,5-TrBPh	ND	ND	3.7	ND	ND
2,3,4-TrBPh	ND	ND	16	ND	ND
TrBPhs	420	1.4	170	1.0	11
2,3,4,5-TeBPh	2.2	ND	4.4	ND	ND
2,3,4,6-TeBPh	86	ND	98	ND	0.14
2,3,5,6-TeBPh	18	ND	8.8	ND	ND
TeBPhs	110	ND	110	ND	0.14
2,3,4,5,6-PeBPh	49	ND	11	ND	0.72
Total PBPhs	980	1.4	750	8.9	13

表21 投入・排出固形物中のPBDD/Fs分析結果(実測濃度) (ng/g)

物質名	A施設		
	⑩混合原料	⑪脱塩率	⑫E-Scrap
2,3,7,8-TeBDD	ND	0.00019	ND
TeBDDs	330	0.0016	190
1,2,3,7,8-PeBDD	0.02	0.0005	ND
PeBDDs	0.74	0.0016	0.19
1,2,3,4,7,8-HxBDD	ND	ND	ND
1,2,3,6,7,8-HxBDD	ND	ND	ND
1,2,3,7,8,9-HxBDD	ND	ND	ND
HxBDDs	2.3	0.0023	ND
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	7.2	0.0021	0.3
HpBDDs	7.2	0.0034	0.7
OBDD	5.5	0.004	9.3
Total PBDDs	350	0.012	200
2,3,7,8-TeBDF	0.10	0.0066	0.03
TeBDFs	6.0	0.020	1.6
1,2,3,7,8-PeBDF	0.21	0.019	ND
2,3,4,7,8-PeBDF	0.19	0.0043	ND
PeBDFs	15	0.040	3.4
1,2,3,4,7,8-HxBDF	1.2	0.025	0.9
HxBDFs	40	0.033	10
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	35	0.010	15
HpBDFs	35	0.010	15
OBDF	330	0.001	130
Total PBDFs	430	0.11	160
Total (PBDDs+PBDFs)	780	0.12	360

* ⑩脱塩率の単位はng/g-dry

表22 投入・排出固形物中のPBDD/Fs分析結果(毒性等量相当値) (ng-TEQ/g)

物質名	A施設		
	⑩混合原料	⑪脱塩率	⑫E-Scrap
2,3,7,8-TeBDD	0.004	0.00019	0.01
1,2,3,7,8-PeBDD	0.02	0.0005	0.03
1,2,3,4,7,8-HxBDD	0.005	0.00003	0.015
1,2,3,6,7,8-HxBDD	0.005	0.000035	0.02
1,2,3,7,8,9-HxBDD	0.005	0.00003	0.015
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	0.072	0.000021	0.003
OBDD	0.00165	0.0000012	0.00279
2,3,7,8-TeBDF	0.010	0.00066	0.003
1,2,3,7,8-PeBDF	0.0063	0.00057	0.00135
2,3,4,7,8-PeBDF	0.057	0.00129	0.015
1,2,3,4,7,8-HxBDF	0.12	0.0025	0.09
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0.35	0.00010	0.15
OBDF	0.099	0.0000003	0.039
Total TEQ (下限×1/2)	0.75	0.0059	0.39
Total TEQ (ND=0)	0.74	0.0058	0.29

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

* 毒性等量相当値は、検出下限未満を検出下限の1/2として算出した値である。

* ⑪脱塩率の単位はng-TEQ/g-dry

表23 投入・排出固形物中のPCDD/Fs・Co-PCB分析結果(実測濃度) (ng/g)

物質名		A施設		
		⑩混合原料	⑪脱塩率	⑫E-Scrap
PCDDs	2,3,7,8-TeCDD	ND	0.003	ND
	TeCDDs	0.17	1.4	ND
	1,2,3,7,8-PeCDD	ND	0.015	ND
	PeCDDs	0.23	0.33	ND
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	ND	0.024	ND
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	ND	0.043	ND
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	ND	0.035	ND
	HxCDDs	0.12	0.53	ND
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.07	0.69	ND
	HpCDDs	0.12	1.2	ND
	OCDD	0.19	3.8	0.09
	Total PCDDs	0.83	7.3	0.09
PCDFs	2,3,7,8-TeCDF	0.028	0.014	ND
	TeCDFs	0.71	0.40	ND
	1,2,3,7,8-PeCDF	0.10	0.032	ND
	2,3,4,7,8-PeCDF	0.04	0.047	ND
	PeCDFs	1.4	0.63	ND
	1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.04	0.088	ND
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.07	0.11	ND
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.06	0.018	ND
	2,3,4,6,7,8+1,2,3,6,8,9-HxCDF	0.08	0.21	ND
	HxCDFs	0.37	1.1	ND
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	ND	1.6	ND
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	ND	0.68	ND
	HpCDFs	ND	3.9	ND
	OCDF	ND	21	ND
	Total PCDFs	2.5	27	ND
Total PCDD/Fs		3.3	35	0.09
Co-PCB	3,4,4',5-TeCB(#81)	0.21	0.007	0.13
	3,3',4,4'-TeCB(#77)	4.6	0.020	1.9
	3,3',4,4',5-PeCB(#126)	ND	0.026	0.036
	3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	0.11	0.010	ND
	Total non-ortho CBs	4.9	0.063	2.1
	2',3,4,4',5-PeCB(#123)	2.2	0.0019	0.36
	2,3',4,4',5-PeCB(#118)	110	0.0095	17
	2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	52	0.010	8.2
	2,3,4,4',5-PeCB(#114)	ND	0.003	0.50
	2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	4.4	0.0056	0.58
	2,3,3',4,4',5-HxCB(#156)	13	0.011	1.6
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	3.0	0.007	0.36
	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	0.43	0.014	0.06
	Total mono-ortho CBs	190	0.062	28
Total Co-PCB		200	0.13	30
Total PCDD/Fs・Co-PCB		200	35	30
毒性等量 (ng-TEQ/g)	Total PCDD/Fs	0.044	0.12	0.000027
	Total Co-PCB	0.0094	0.0029	0.0047
	Total PCDD/Fs・Co-PCB	0.053	0.13	0.0047

* 毒性等量は、検出下限未満を「0」として算出した値である。

* ⑪脱塩率の単位はng/g-dryまたはng-TEQ/g-dry

表24 投入・排出固形物中のPBDEs分析結果(実測濃度) (ng/g)

物質名	A施設		
	⑩混合原料	⑪脱塩率	⑫E-Scrap
MoBDEs	2.3	ND	ND
4,4'-DiBDE(#15)	51	ND	7.6
DiBDEs	94	ND	14
2',3,4/2,4,4'/2,2',3-TrBDE(#33/#28/#16)	450	ND	16
TrBDEs	980	ND	31
2,2',4,4'-TeBDE(#47)	2400	ND	47
TeBDEs	4700	ND	68
2,2',4,4',5-PeBDE(#99)	2300	ND	46
2,2',4,4',6-PeBDE(#100)	170	ND	5.6
PeBDEs	3400	ND	60
2,2',4,4',5,5'-HxBDE(#153)	4200	ND	99
2,2',4,4',5,6'-HxBDE(#148/#154)	250	ND	11
HxBDEs	4700	ND	120
2,2',3,3',4,5',6/2,2',3,4,4',5',6-HpBDE(#175/#183)	21000	ND	560
HpBDEs	21000	ND	580
OBDEs	11000	ND	740
NoBDEs	27000	ND	20000
DeBDE	390000	0.7	370000
Total PBDEs	460000	0.7	390000

*⑪脱塩率の単位はng/g-dry

表25 投入・排出固形物中のHBCDs,TBBPA及びPBPhs分析結果(実測濃度) (ng/g)

物質名	A施設		
	⑩混合原料	⑪脱塩率	⑫E-Scrap
α-HBCD	700	ND	9.1
β-HBCD	210	ND	ND
γ-HBCD	900	ND	ND
Total HBCDs	1800	ND	9.1
TBBPA	1400000	1.6	720000
2-MoBPh	300	0.8	ND
3/4-MoBPh	500	1.9	ND
MoBPhs	800	2.7	ND
2,6-DiBPh	1700	ND	400
2,5/3,5-DiBPh	ND	ND	ND
2,4-DiBPh	1200	1.5	100
3,4-DiBPh	ND	ND	ND
2,3-DiBPh	ND	ND	ND
DiBPhs	3000	1.5	500
2,4,6-TrBPh	81000	0.9	24000
2,3,6-TrBPh	ND	ND	ND
2,4,5-TrBPh	ND	ND	ND
2,3,5-TrBPh	ND	ND	ND
3,4,5-TrBPh	ND	ND	ND
2,3,4-TrBPh	ND	ND	ND
TrBPhs	81000	0.9	24000
2,3,4,5-TeBPh	ND	ND	ND
2,3,4,6-TeBPh	ND	ND	ND
2,3,5,6-TeBPh	ND	ND	ND
TeBPhs	ND	ND	ND
2,3,4,5,6-PeBPh	ND	ND	ND
Total PBPhs	84000	5.1	24000

*⑪脱塩率の単位はng/g-dry

表26 製品中のPBDD/Fs分析結果(実測濃度) (ng/g-dry)

物質名	B施設
	クリンカ
2,3,7,8-TeBDD	ND
TeBDDs	ND
1,2,3,7,8-PeBDD	ND
PeBDDs	ND
1,2,3,4,7,8-HxBDD	ND
1,2,3,6,7,8-HxBDD	ND
1,2,3,7,8,9-HxBDD	ND
HxBDDs	ND
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	0.004
HpBDDs	0.004
OBDD	ND
Total PBDDs	0.004
2,3,7,8-TeBDF	ND
TeBDFs	ND
1,2,3,7,8-PeBDF	ND
2,3,4,7,8-PeBDF	ND
PeBDFs	ND
1,2,3,4,7,8-HxBDF	ND
HxBDFs	ND
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	ND
HpBDFs	ND
OBDF	ND
Total PBDFs	ND
Total (PBDDs+PBDFs)	0.004

表27 製品中のPBDD/Fs分析結果(毒性等量相当値) (ng-TEQ/g-dry)

物質名	B施設
	クリンカ
2,3,7,8-TeBDD	0.0001
1,2,3,7,8-PeBDD	0.0003
1,2,3,4,7,8-HxBDD	0.00015
1,2,3,6,7,8-HxBDD	0.0002
1,2,3,7,8,9-HxBDD	0.00015
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	0.00004
OBDD	0.0000009
2,3,7,8-TeBDF	0.00001
1,2,3,7,8-PeBDF	0.0000135
2,3,4,7,8-PeBDF	0.00015
1,2,3,4,7,8-HxBDF	0.00015
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0.00001
OBDF	0.0000009
Total TEQ (下限×1/2)	0.0013
Total TEQ (ND=0)	0.00004

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

* 毒性等量相当値は、検出下限未満を検出下限の1/2として算出した値である。

表28 製品中のPBDD/Fs分析結果(実測濃度) (ng/g-dry)

物質名	C 施設	
	クリンカ-1	クリンカ-2
2,3,7,8-TeBDD	ND	ND
TeBDDs	0.00083	ND
1,2,3,7,8-PeBDD	ND	ND
PeBDDs	ND	ND
1,2,3,4,7,8-HxBDD	ND	ND
1,2,3,6,7,8-HxBDD	ND	ND
1,2,3,7,8,9-HxBDD	ND	ND
HxBDDs	ND	ND
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	ND	ND
HpBDDs	ND	ND
OBDD	ND	ND
Total PBDDs	0.00083	ND
2,3,7,8-TeBDF	ND	ND
TeBDFs	0.00028	ND
1,2,3,7,8-PeBDF	ND	ND
2,3,4,7,8-PeBDF	ND	ND
PeBDFs	0.0002	ND
1,2,3,4,7,8-HxBDF	ND	ND
HxBDFs	ND	ND
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0.0005	ND
HpBDFs	0.0005	ND
OBDF	ND	ND
Total PBDFs	0.0011	ND
Total (PBDDs+PBDFs)	0.0019	ND

表29 製品中のPBDD/Fs分析結果(毒性等量相当値) (ng-TEQ/g-dry)

物質名	C 施設	
	クリンカ-1	クリンカ-2
2,3,7,8-TeBDD	0.00002	0.00002
1,2,3,7,8-PeBDD	0.00005	0.00005
1,2,3,4,7,8-HxBDD	0.00003	0.00003
1,2,3,6,7,8-HxBDD	0.000035	0.000035
1,2,3,7,8,9-HxBDD	0.000025	0.000025
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	0.000002	0.000002
OBDD	0.00000015	0.00000015
2,3,7,8-TeBDF	0.000002	0.000002
1,2,3,7,8-PeBDF	0.000003	0.000003
2,3,4,7,8-PeBDF	0.00003	0.00003
1,2,3,4,7,8-HxBDF	0.000025	0.000025
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0.000005	0.0000025
OBDF	0.00000015	0.00000015
Total TEQ (下限×1/2)	0.00023	0.00022
Total TEQ (ND=0)	0.000005	0

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

* 毒性等量相当値は、検出下限未満を検出下限の1/2として算出した値である。

表30 製品中のPCDD/Fs・Co-PCB分析結果(実測濃度) (ng/g-dry)

物質名		B施設
		クリンカ
PCDDs	2,3,7,8-TeCDD	ND
	TeCDDs	ND
	1,2,3,7,8-PeCDD	ND
	PeCDDs	ND
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	ND
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	ND
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	ND
	HxCDDs	ND
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	ND
	HpCDDs	ND
	OCDD	0.0007
	Total PCDDs	0.0007
PCDFs	2,3,7,8-TeCDF	ND
	TeCDFs	ND
	1,2,3,7,8-PeCDF	ND
	2,3,4,7,8-PeCDF	ND
	PeCDFs	ND
	1,2,3,4,7,8-HxCDF	ND
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	ND
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	ND
	2,3,4,6,7,8+1,2,3,6,8,9-HxCDF	ND
	HxCDFs	ND
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	ND
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	ND
	HpCDFs	ND
	OCDF	0.0007
	Total PCDFs	0.0007
Total PCDD/Fs		0.0014
Co-PCB	3,4,4',5'-TeCB(#81)	ND
	3,3',4,4'-TeCB(#77)	0.0014
	3,3',4,4',5'-PeCB(#126)	ND
	3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	ND
	Total non-ortho CBs	0.0014
	2',3,4,4',5'-PeCB(#123)	ND
	2,3',4,4',5'-PeCB(#118)	0.018
	2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	0.0063
	2,3,4,4',5'-PeCB(#114)	0.0008
	2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	ND
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#156)	ND
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	ND
	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	ND
	Total mono-ortho CBs	0.025
Total Co-PCB		0.027
Total PCDD/Fs・Co-PCB		0.028
毒性等量 (ng-TEQ/g-dry)	Total PCDD/Fs	0.00000042
	Total Co-PCB	0.00000091
	Total PCDD/Fs・Co-PCB	0.0000013

* 毒性等量は、検出下限未満を「0」として算出した値である。

表31 製品中のPCDD/Fs・Co-PCB分析結果(実測濃度) (ng/g-dry)

物質名		C 施設	
		クリンカ-1	クリンカ-2
PCDDs	2,3,7,8-TeCDD	ND	ND
	TeCDDs	ND	ND
	1,2,3,7,8-PeCDD	ND	ND
	PeCDDs	ND	ND
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	ND	ND
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	ND	ND
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	ND	ND
	HxCDDs	0.0015	0.0014
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.0012	0.0011
	HpCDDs	0.0024	0.0023
	OCDD	0.0052	0.0026
	Total PCDDs	0.0091	0.0062
PCDFs	2,3,7,8-TeCDF	ND	ND
	TeCDFs	ND	ND
	1,2,3,7,8-PeCDF	ND	ND
	2,3,4,7,8-PeCDF	ND	ND
	PeCDFs	ND	ND
	1,2,3,4,7,8-HxCDF	ND	ND
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	ND	ND
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	ND	ND
	2,3,4,6,7,8+1,2,3,6,8,9-HxCDF	ND	ND
	HxCDFs	ND	ND
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.0011	0.0009
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	ND	ND
	HpCDFs	0.0011	0.0009
	OCDF	0.0024	0.0018
	Total PCDFs	0.0035	0.0027
Total PCDD/Fs		0.013	0.0089
Co-PCB	3,4,4',5-TeCB(#81)	ND	ND
	3,3',4,4'-TeCB(#77)	0.0018	0.0007
	3,3',4,4',5-PeCB(#126)	ND	ND
	3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	ND	ND
	Total non-ortho CBs	0.0018	0.0007
	2',3,4,4',5-PeCB(#123)	0.0015	ND
	2,3',4,4',5-PeCB(#118)	0.084	0.0094
	2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	0.043	0.0042
	2,3,4,4',5-PeCB(#114)	0.0022	ND
	2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	0.0027	ND
	2,3,3',4,4',5-HxCB(#156)	0.0076	ND
	2,3,3',4,4',5-HxCB(#157)	0.0013	ND
	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	ND	ND
	Total mono-ortho CBs	0.14	0.014
Total Co-PCB		0.14	0.014
Total PCDD/Fs・Co-PCB		0.16	0.023
毒性等量 (ng-TEQ/g-dry)	Total PCDD/Fs	0.000025	0.000021
	Total Co-PCB	0.0000044	0.00000048
	Total PCDD/Fs・Co-PCB	0.000030	0.000022

* 毒性等量は、検出下限未満を「0」として算出した値である。

表32 製品中のPBDEs分析結果(実測濃度) (ng/g-dry)

物質名	B施設
	クリンカ
MoBDEs	ND
4,4'-DiBDE(#15)	ND
DiBDEs	ND
2',3,4/2,4,4'/2,2',3-TrBDE(#33/#28/#16)	ND
TrBDEs	ND
2,2',4,4'-TeBDE(#47)	ND
TeBDEs	ND
2,2',4,4',5-PeBDE(#99)	ND
2,2',4,4',6-PeBDE(#100)	ND
PeBDEs	ND
2,2',4,4',5,5'-HxBDE(#153)	ND
2,2',4,4',5,6'-HxBDE(#148/#154)	ND
HxBDEs	ND
2,2',3,3',4,5',6/2,2',3,4,4',5',6-HpBDE(#175/#183)	ND
HpBDEs	ND
OBDEs	ND
NoBDEs	0.4
DeBDE	6.2
Total PBDEs	6.6

表33 製品中のHBCDs,TBBPA及びPBPhs分析結果(実測濃度) (ng/g-dry)

物質名	B施設
	クリンカ
2-MoBPh	ND
3/4-MoBPh	ND
MoBPhs	ND
2,6-DiBPh	ND
2,5/3,5-DiBPh	ND
2,4-DiBPh	ND
3,4-DiBPh	ND
2,3-DiBPh	ND
DiBPhs	ND
2,4,6-TrBPh	ND
2,3,6-TrBPh	ND
2,4,5-TrBPh	ND
2,3,5-TrBPh	ND
3,4,5-TrBPh	ND
2,3,4-TrBPh	ND
TrBPhs	ND
2,3,4,5-TeBPh	ND
2,3,4,6-TeBPh	ND
2,3,5,6-TeBPh	ND
TeBPhs	ND
2,3,4,5,6-PeBPh	ND
Total PBPhs	ND

表34 製品中のPBDEs分析結果(実測濃度) (ng/g-dry)

物質名	C 施設	
	クリンカ-1	クリンカ-2
MoBDEs	ND	ND
4,4'-DiBDE(#15)	ND	0.004
DiBDEs	ND	0.004
2',3,4/2,4,4'/2,2',3-TrBDE(#33/#28/#16)	ND	ND
TrBDEs	ND	ND
2,2',4,4'-TeBDE(#47)	0.012	ND
TeBDEs	0.012	ND
2,2',4,4',5-PeBDE(#99)	0.007	ND
2,2',4,4',6-PeBDE(#100)	ND	ND
PeBDEs	0.007	ND
2,2',4,4',5,5'-HxBDE(#153)	ND	ND
2,2',4,4',5,6'-HxBDE(#154)	ND	ND
HxBDEs	ND	ND
2,2',3,3',4,5',6/2,2',3,4,4',5',6-HpBDE(#175/#183)	ND	ND
HpBDEs	ND	ND
OBDEs	ND	0.013
NoBDEs	ND	ND
DeBDE	0.06	0.05
Total PBDEs	0.08	0.07

表35 製品中のHBCDs,TBBPA及びPBPhs分析結果(実測濃度) (ng/g-dry)

物質名	C 施設	
	クリンカ-1	クリンカ-2
α-HBCD	ND	ND
β-HBCD	ND	ND
γ-HBCD	ND	ND
Total HBCDs	ND	ND
TBBPA	ND	ND
2-MoBPh	0.6	ND
3/4-MoBPh	2.3	0.5
MoBPhs	3.0	0.5
2,6-DiBPh	ND	ND
2,5/3,5-DiBPh	ND	ND
2,4-DiBPh	ND	ND
3,4-DiBPh	ND	ND
2,3-DiBPh	ND	ND
DiBPhs	ND	ND
2,4,6-TrBPh	ND	ND
2,3,6-TrBPh	ND	ND
2,4,5-TrBPh	ND	ND
2,3,5-TrBPh	ND	ND
3,4,5-TrBPh	ND	ND
2,3,4-TrBPh	ND	ND
TrBPhs	ND	ND
2,3,4,5-TeBPh	ND	ND
2,3,4,6-TeBPh	ND	ND
2,3,5,6-TeBPh	ND	ND
TeBPhs	ND	ND
2,3,4,5,6-PeBPh	ND	ND
Total PBPhs	3.0	0.5

別図 - 1

調査施設概要 (工程フロー、試料採取箇所)

調査施設概要（A施設）

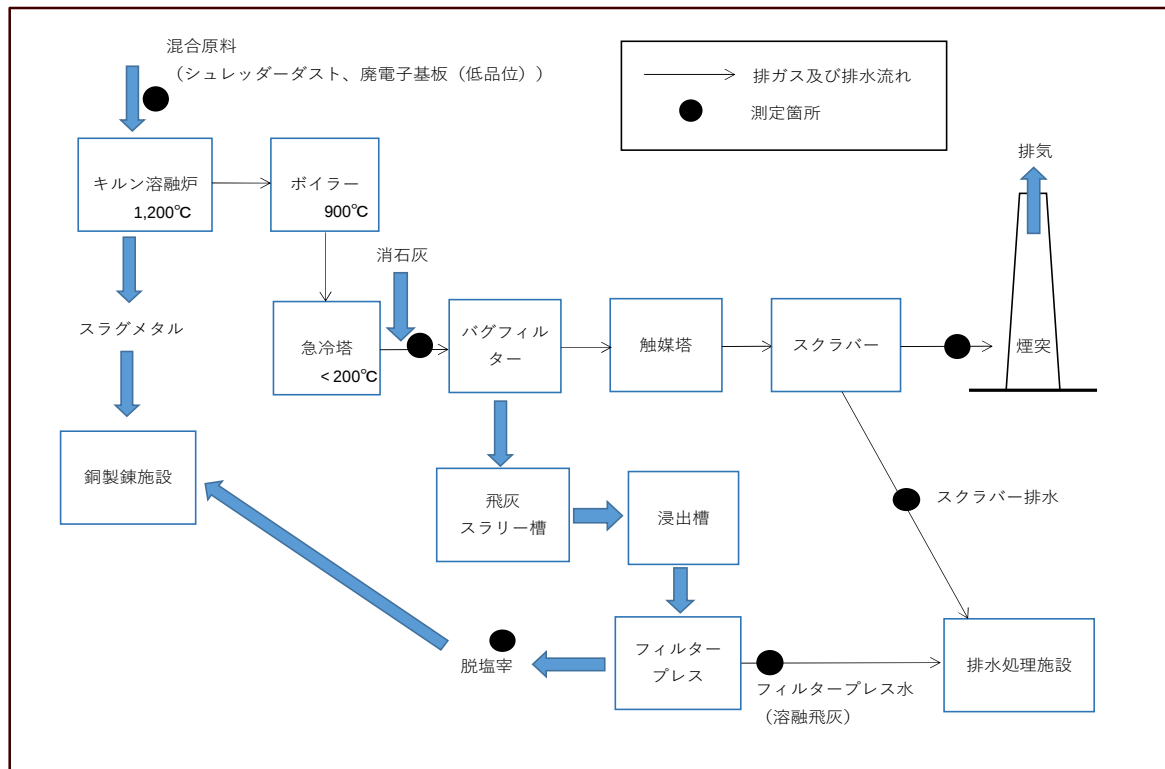


図-1 有価リサイクル施設工程フロー

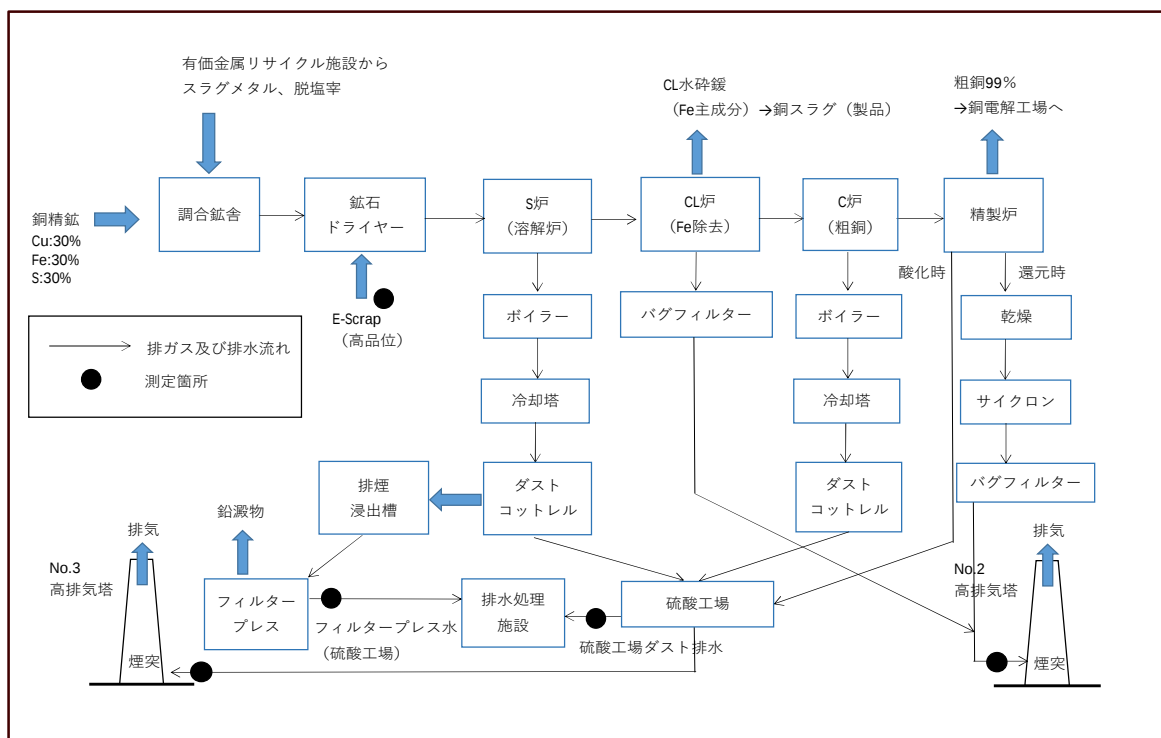


図-2 銅一次製錬施設工程フロー

調査施設概要（A施設）

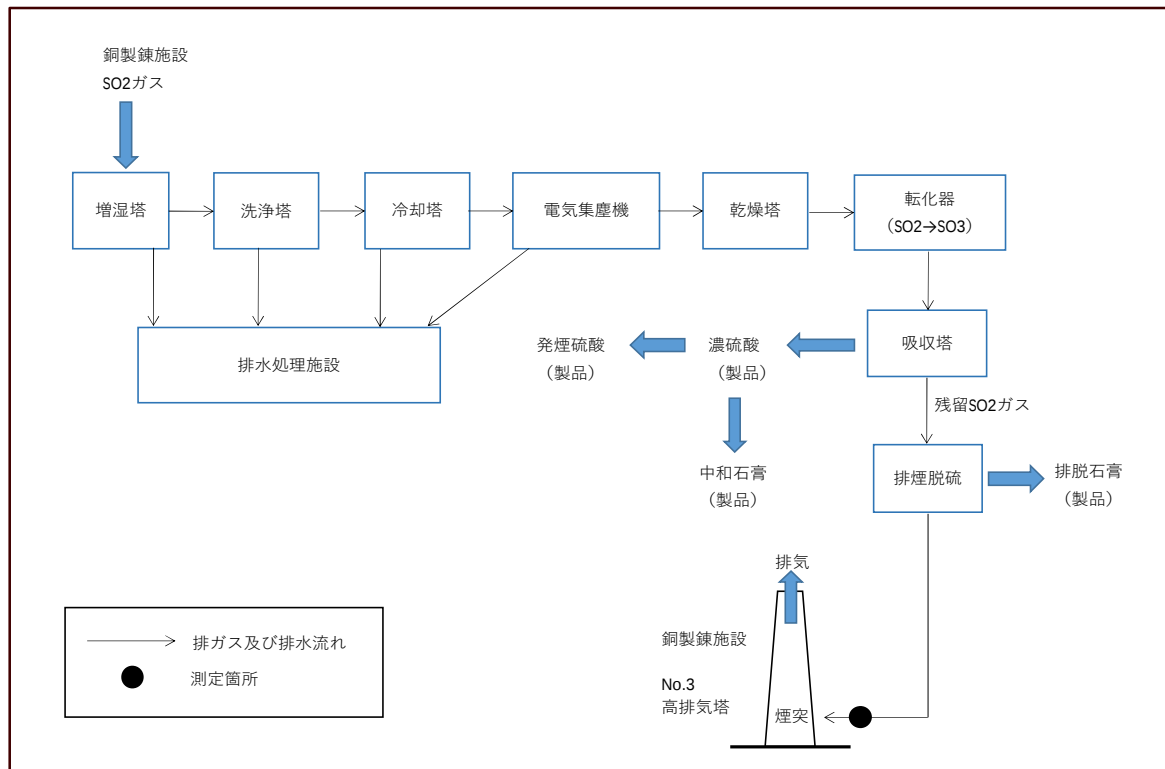


図-3 硫酸工場工程フロー

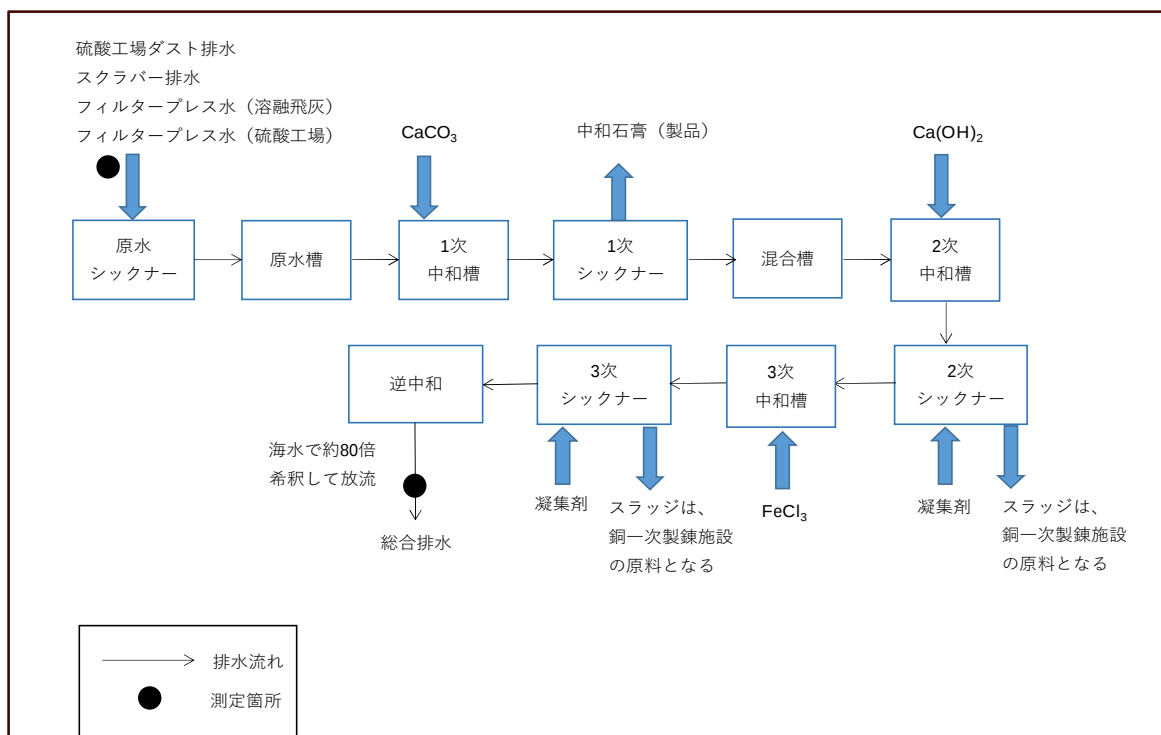


図-4 排水処理施設工程フロー

調査施設概要 (B施設)

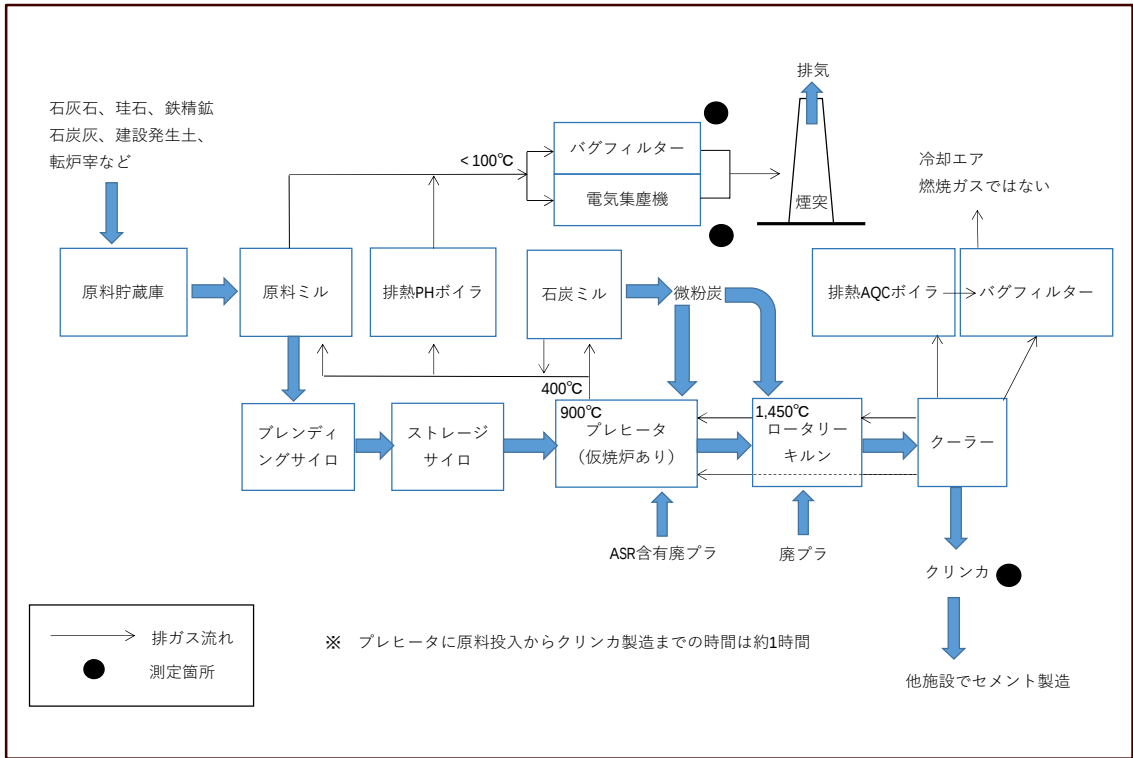


図-5 セメント製造施設工程フロー

調査施設概要（C施設）

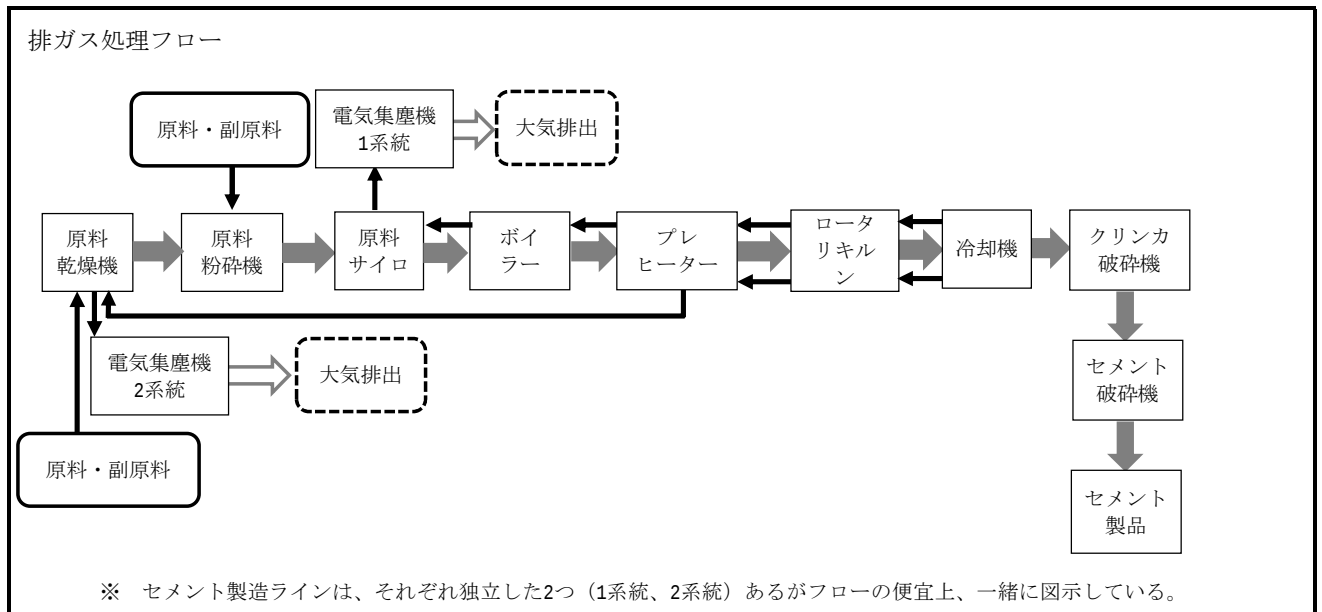


図-6 排ガス処理フロー

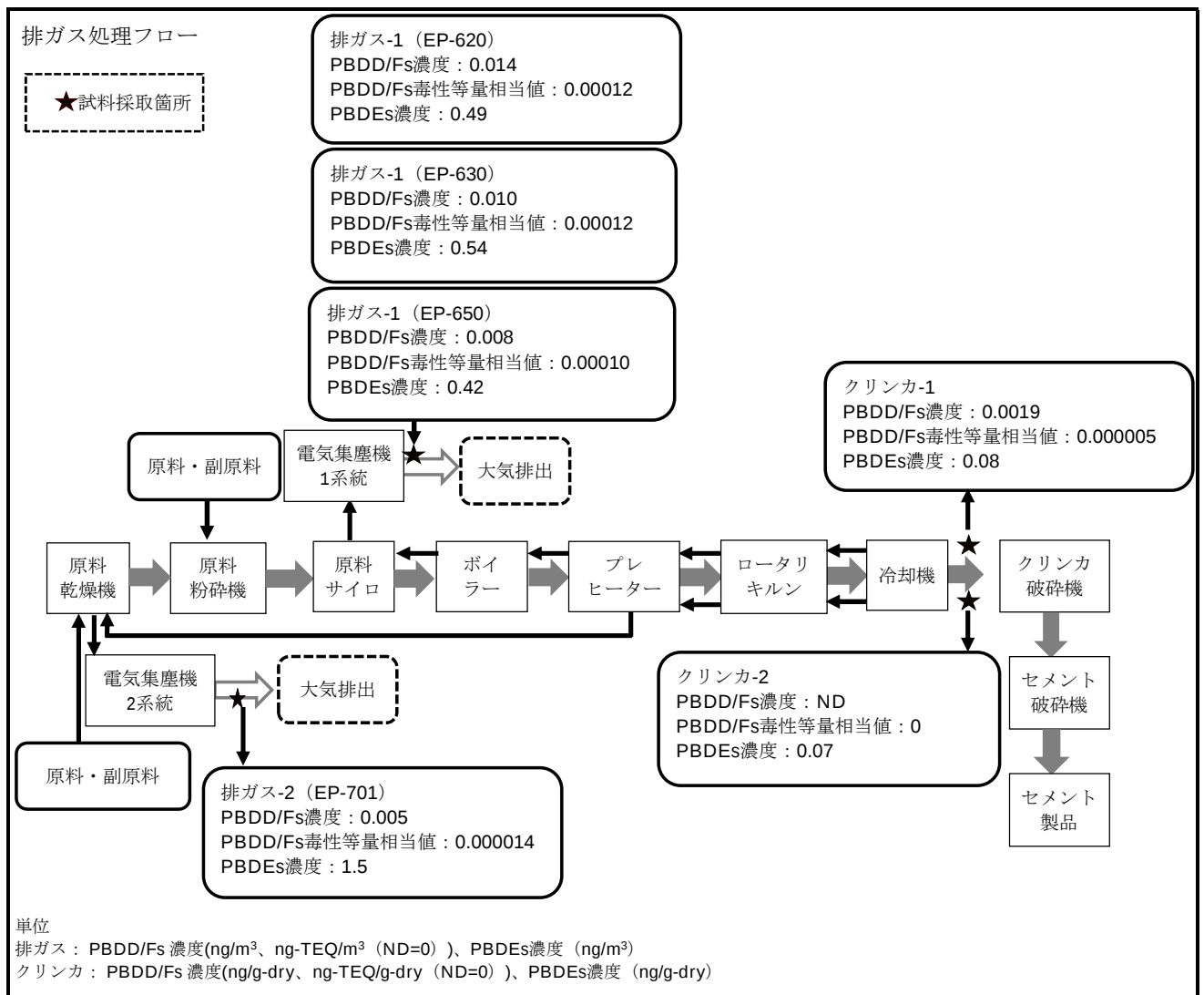


図-7 試料採取箇所

別図 - 2

媒体別同族体組成

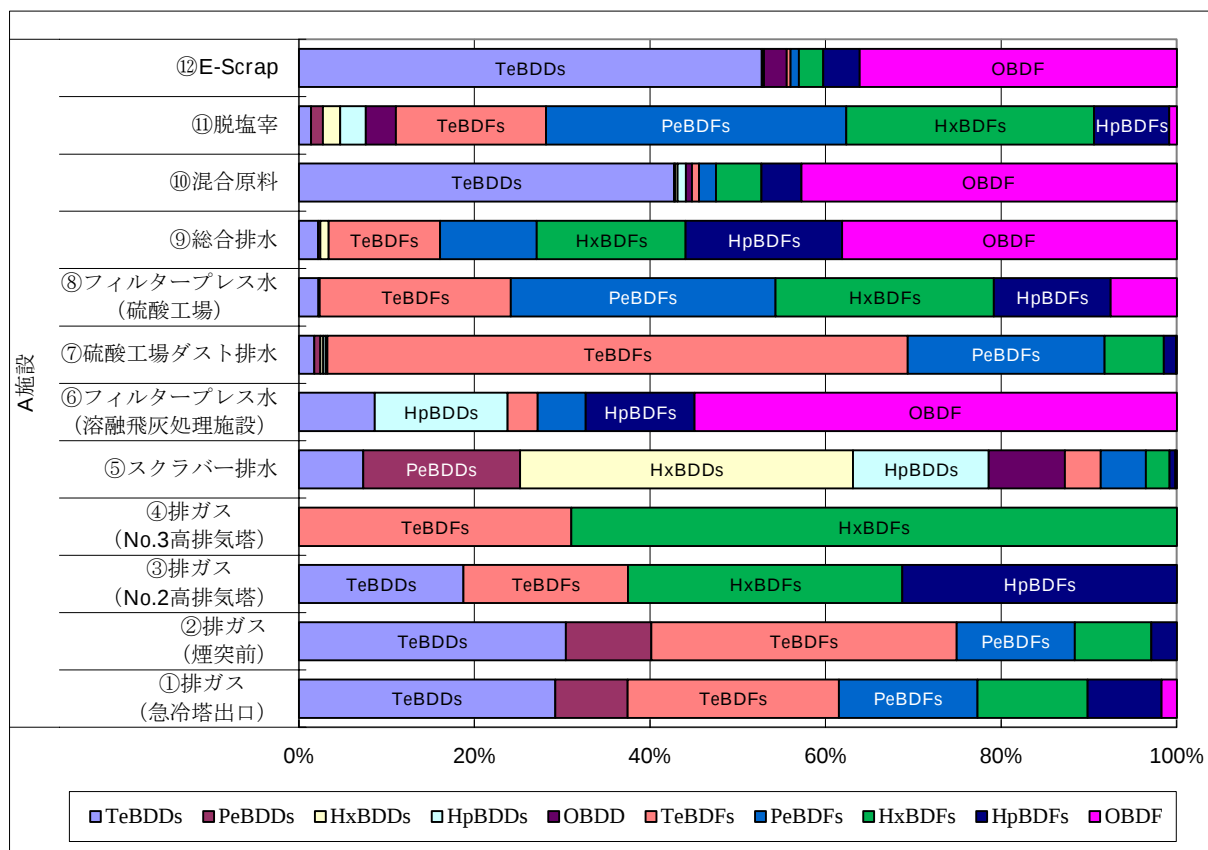


図 1 銅一次精錬施設のPBDD/Fs同族体組成（%）

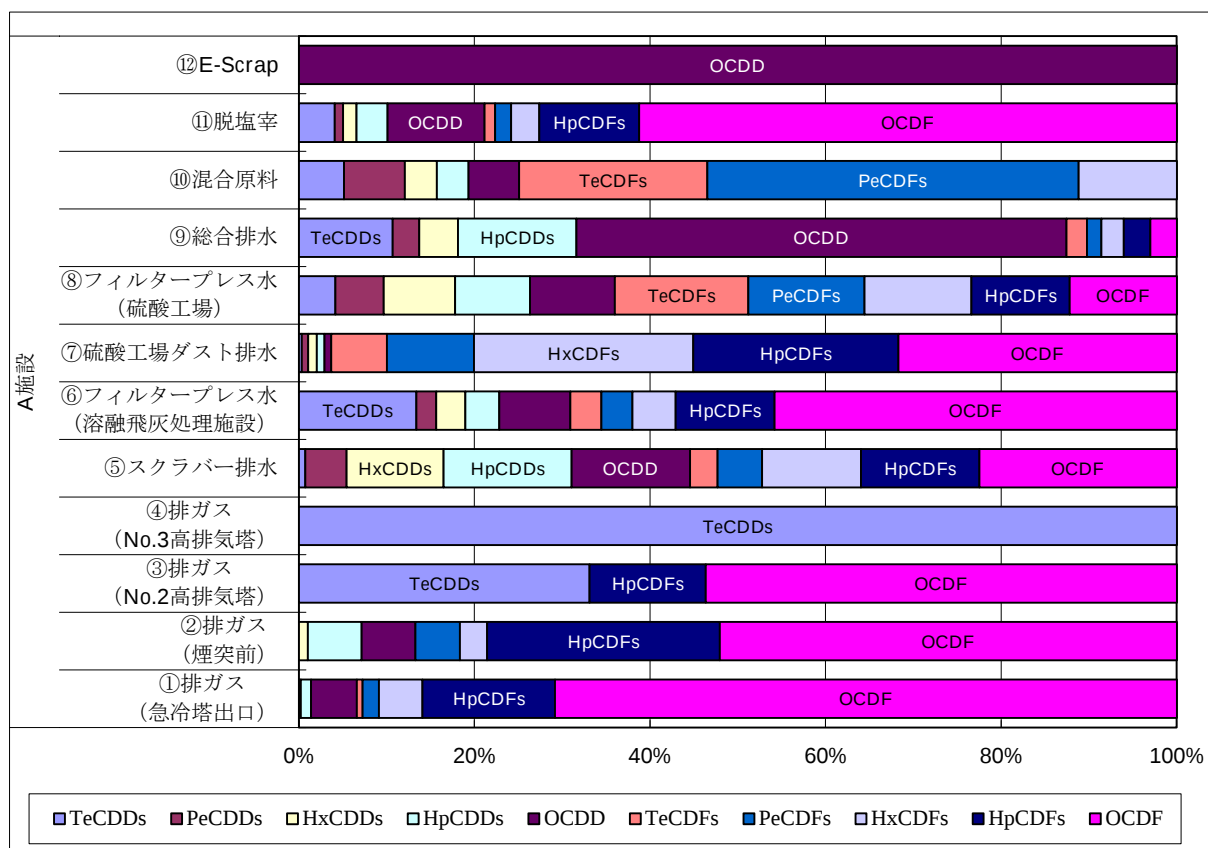


図 2 銅一次精錬施設のPCDD/Fs同族体組成（%）

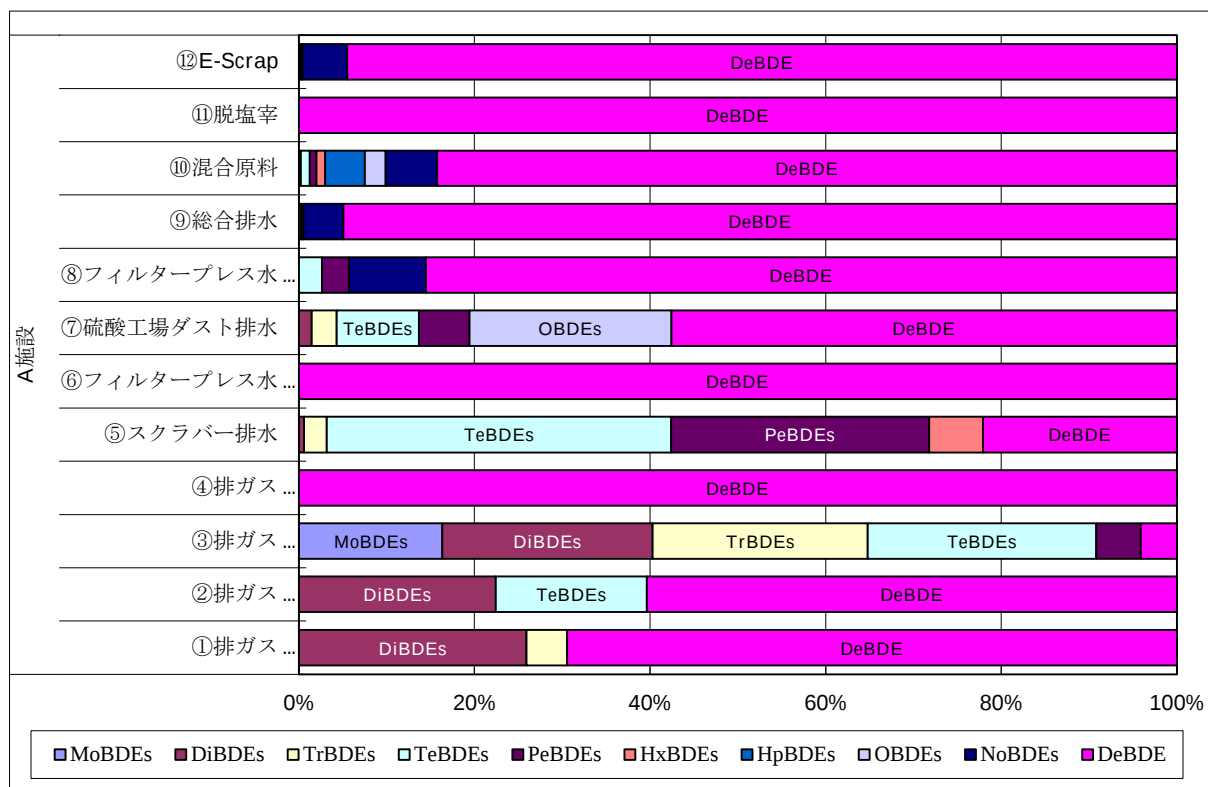


図3 銅一次精錬施設のPBDEs同族体組成 (%)

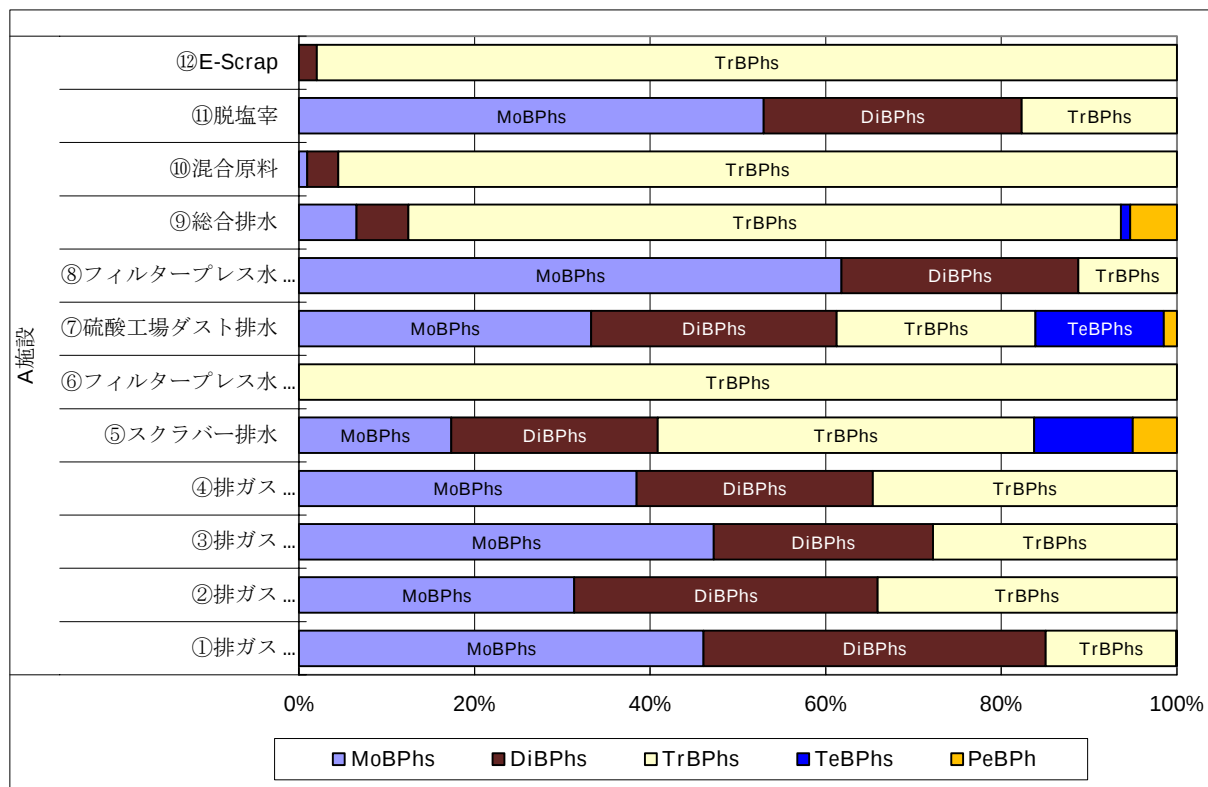


図4 銅一次精錬施設のPBPhs同族体組成 (%)

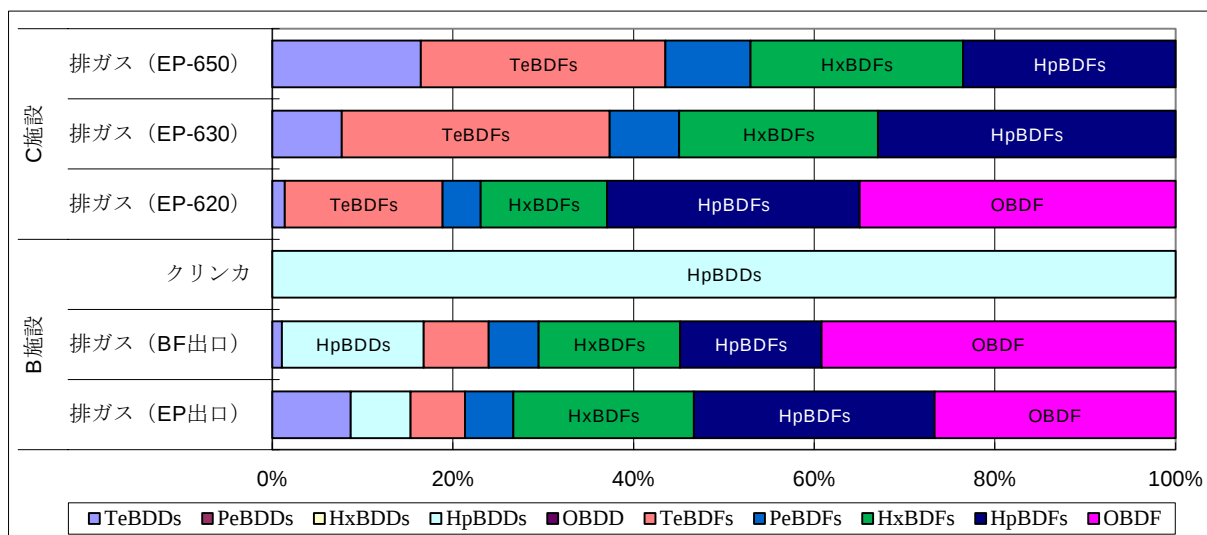


図5 セメント製造施設のPBDD/Fs同族体組成 (%)

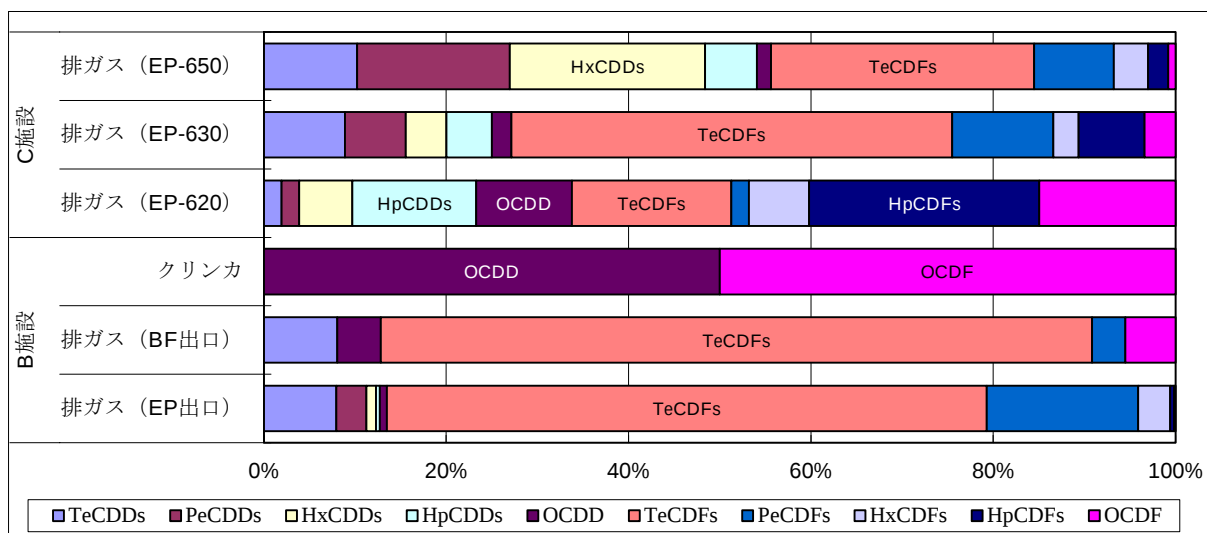


図6 セメント製造施設のPCDD/Fs同族体組成 (%)

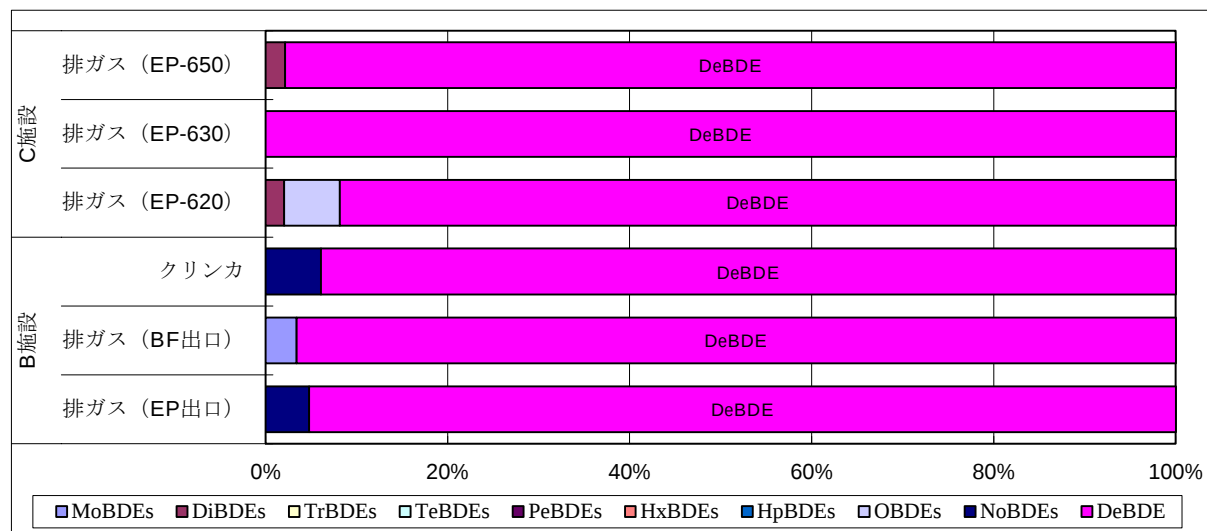


図7 セメント製造施設のPBDEs同族体組成 (%)

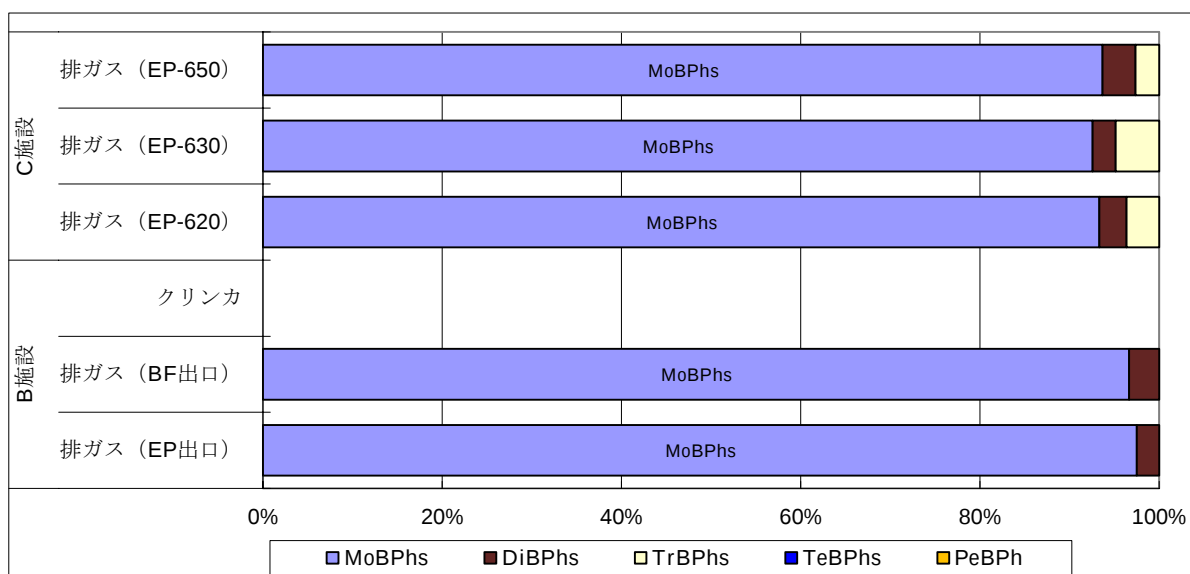


図 8 セメント製造施設のPBPhs同族体組成 (%)

別図 - 3

媒体別異性体組成

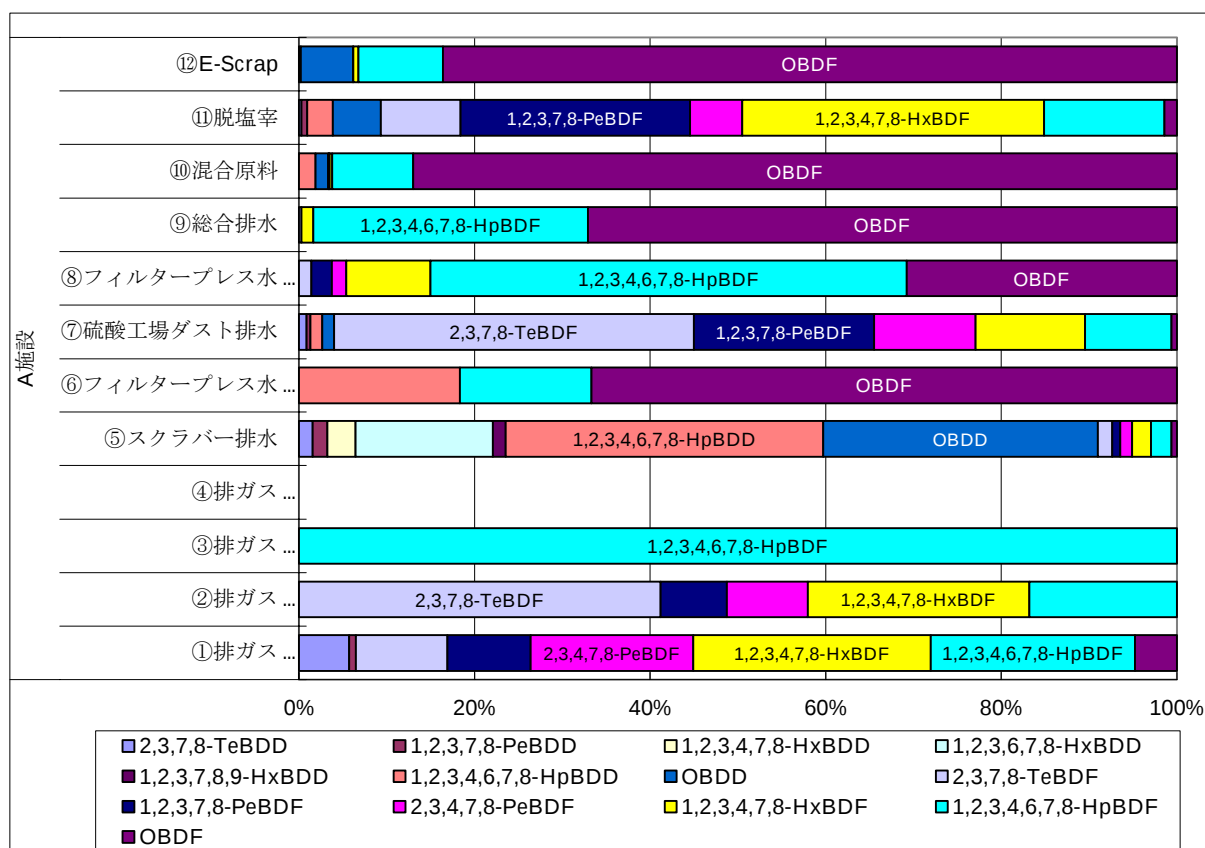


図 1 銅一次精錬施設のPBDD/Fs異性体組成（%）

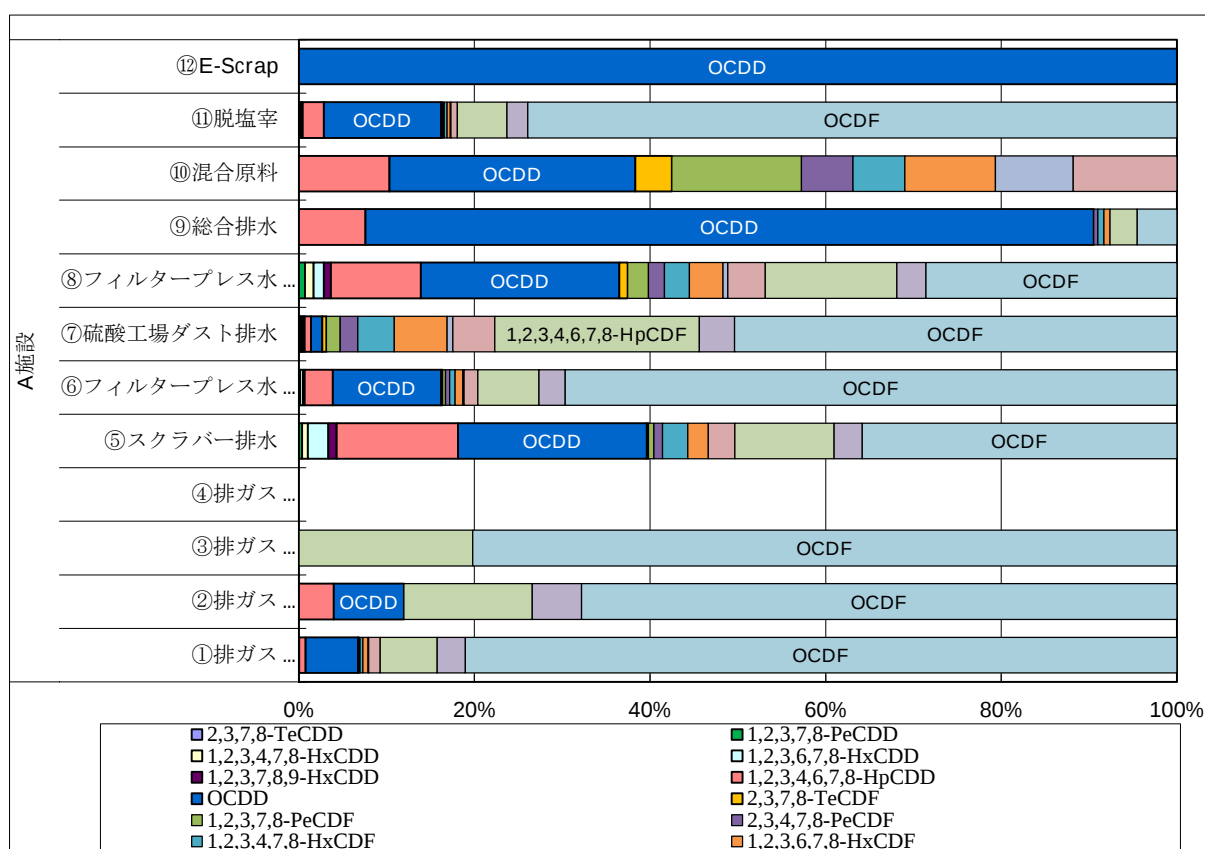


図 2 銅一次精錬施設のPCDD/Fs異性体組成（%）

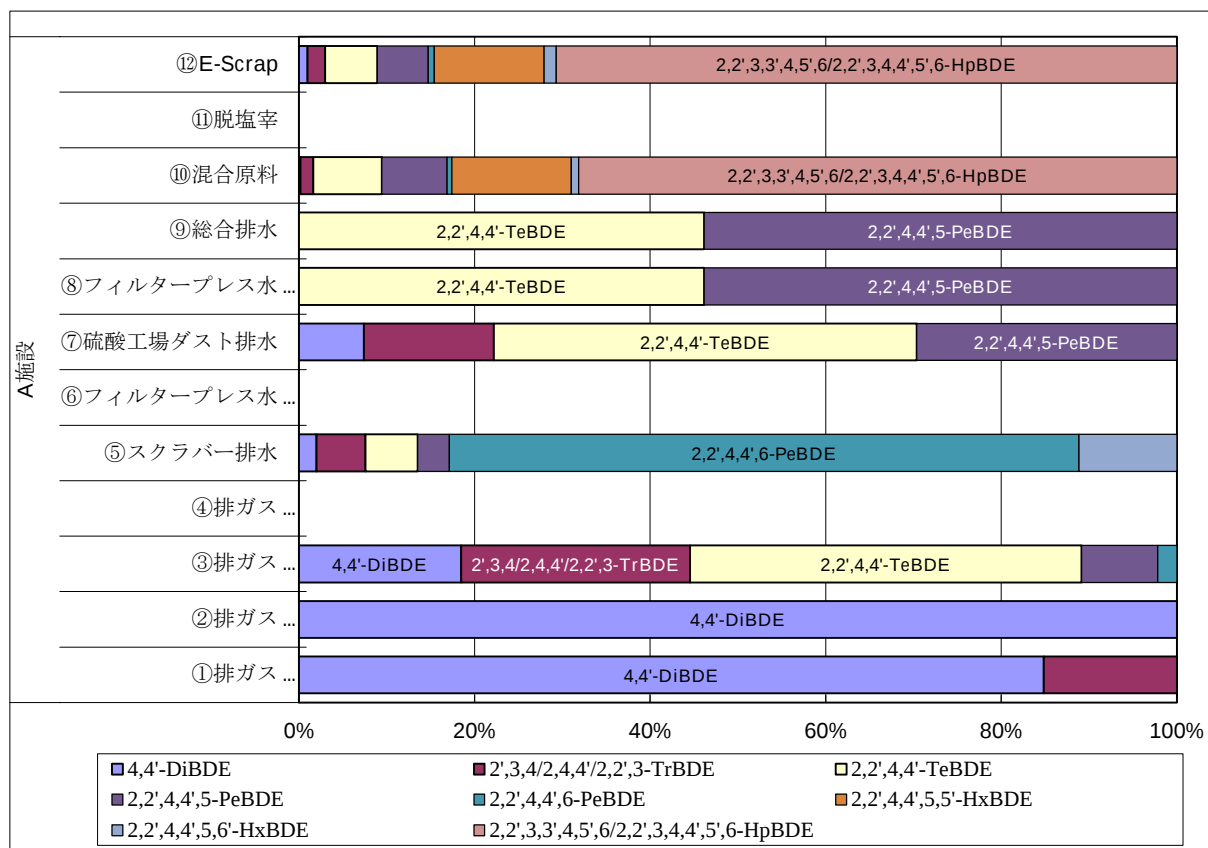


図3 銅一次精錬施設のPBDEs異性体組成 (%)

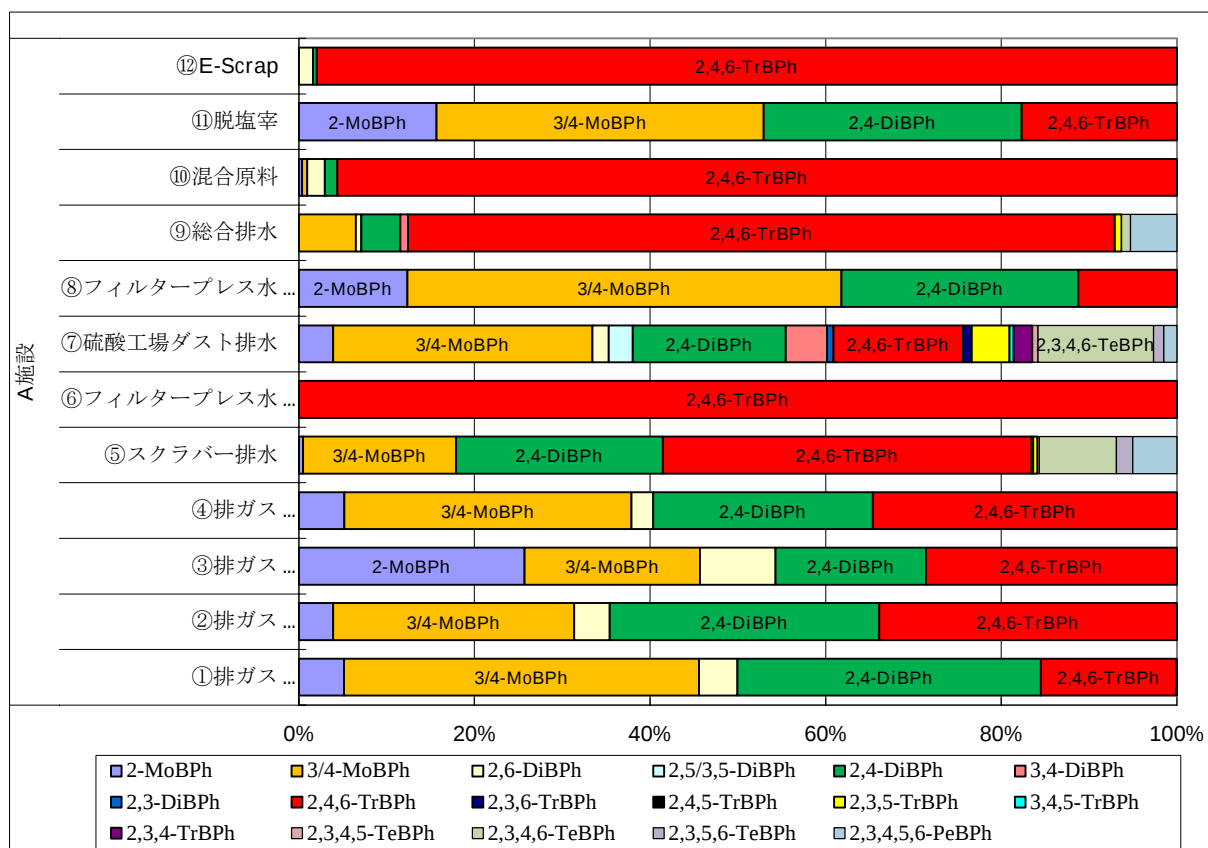


図4 銅一次精錬施設のPBPhs異性体組成 (%)

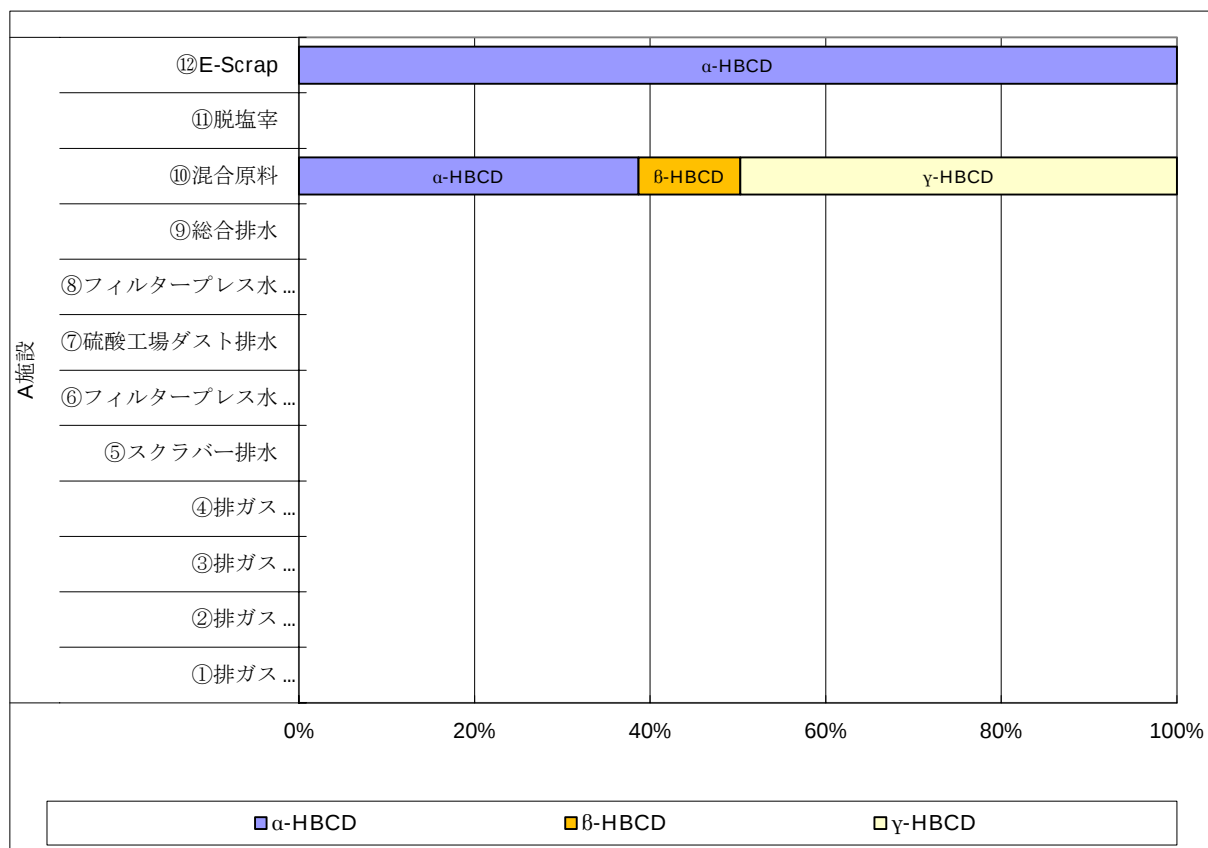


図 5 銅一次精錬施設のHBCDs異性体組成 (%)

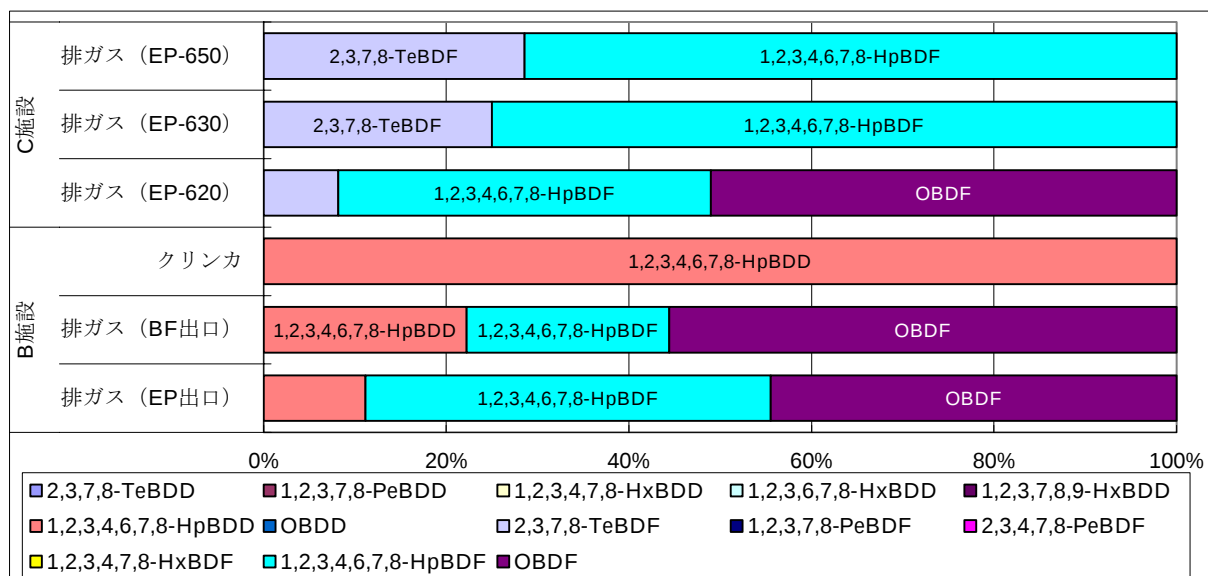


図 6 セメント製造施設のPBDD/Fs異性体組成 (%)

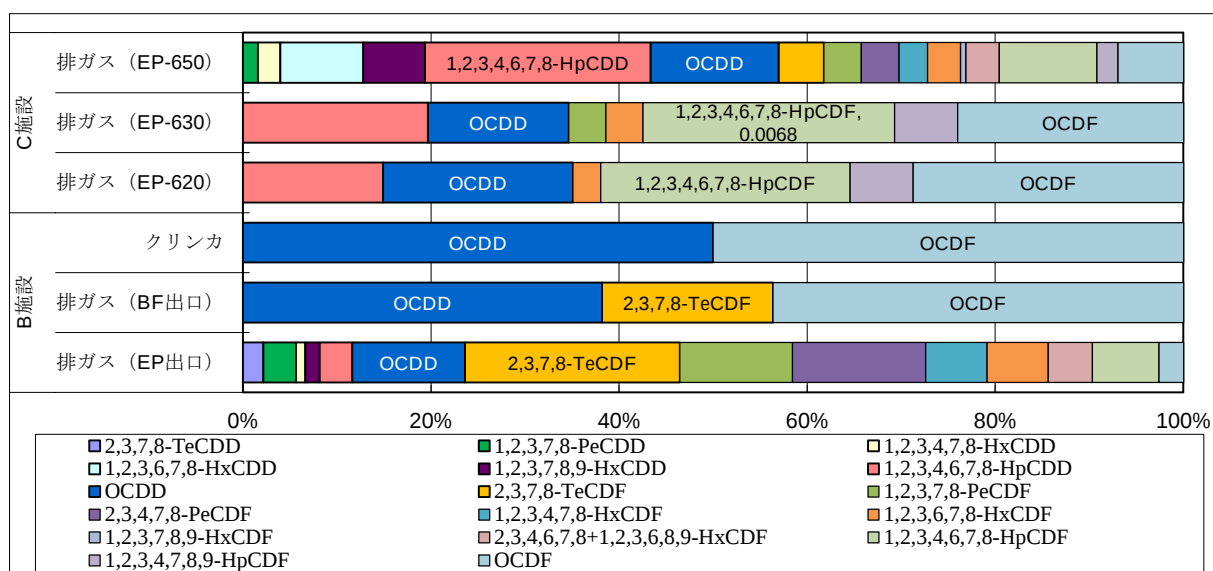


図 7 セメント製造施設のPCDD/Fs異性体組成 (%)

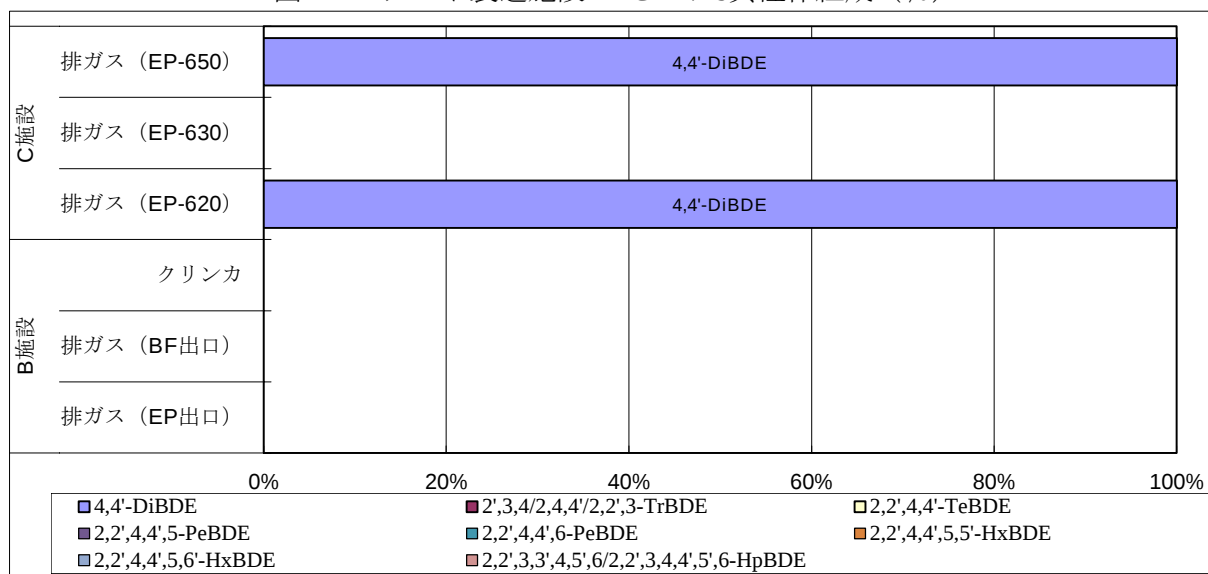


図 8 セメント製造施設のPBDEs異性体組成 (%)

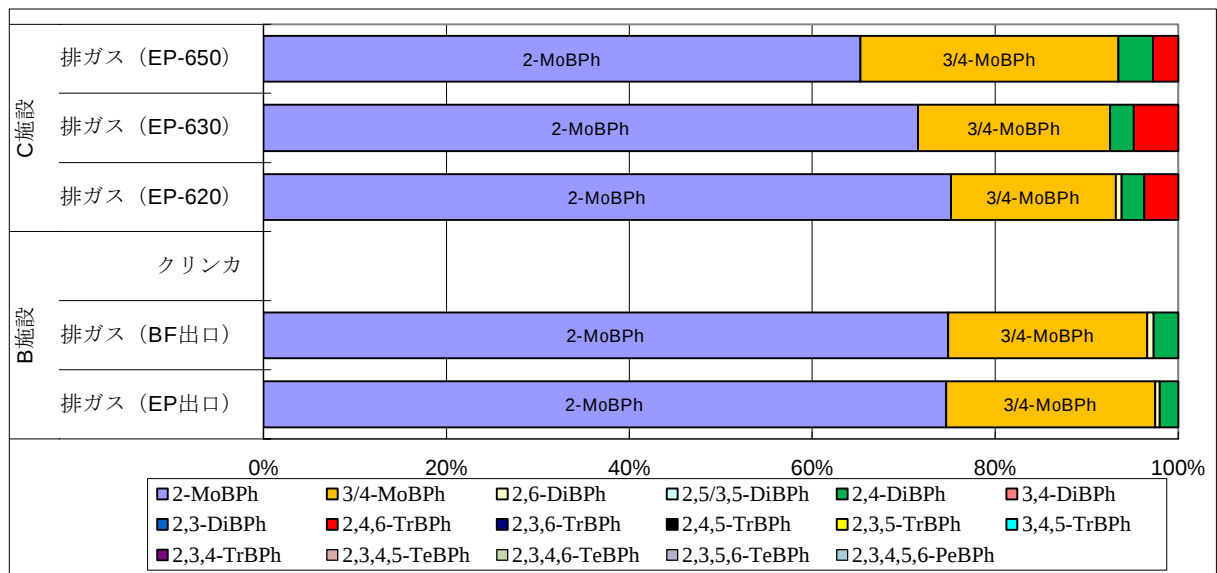


図9 セメント製造施設のPBPhs異性体組成 (%)

参考資料

国内の主な難燃剤需要量推移(推定)

国内の主な臭素系難燃剤の需要推移(推定) (単位:t/年)

化 合 物	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
テトラブロモビスフェノールA(TBSPA)	12,000	14,000	18,000	20,000	23,000	24,500	23,000	22,000	24,000	30,000	29,000	31,000	29,500	31,000	32,300	27,300	31,000	32,800	35,000	30,000	29,000	25,000	22,500	17,000	18,000	16,200	15,000	14,000	14,000	14,000	11,000	12,000	10,000	9,000	12,000	11,000	8,000	
デカブロモジフェニルエーテル(DaBDE)	3,000	4,000	5,000	6,000	10,000	9,800	6,300	5,800	5,500	4,900	4,200	4,450	4,000	3,800	2,800	2,500	2,200	2,200	2,000	1,800	1,700	1,700	1,600	1,300	1,100	990	990	900	800	700	500	100	0	0	0	0	0	
オクタブロモジフェニルエーテル(OaBDE)	500	1,000	1,100	1,100	1,100	1,500	1,100	900	500	300	280	250	75	75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
テトラブロモフェニルエーテル(TeBDE)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ヘキサブロモシクロトデカン(HBCD)	600	600	700	700	700	1,000	1,400	1,600	1,600	1,800	2,000	2,000	1,850	1,950	2,000	2,200	2,400	2,400	2,600	2,600	3,000	3,000	2,300	2,800	2,800	2,600	1,500	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
エチレンビス(テトラブロモタルイミド)	—	400	600	600	1,000	1,200	1,300	1,300	2,500	2,500	2,500	2,000	2,000	2,000	2,000	1,750	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,300	1,000	1,000	1,000	900	900	900	900	900	900	900	900	850	600	400	400	
トリプロモフェノール	100	250	450	450	450	1,500	2,000	2,700	3,500	4,000	4,100	4,300	4,300	4,300	4,300	3,600	3,800	4,150	4,150	4,000	3,500	3,150	2,600	2,700	2,400	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,400	2,500	2,400	3,000	3,000	2,500		
ビス(テトラプロモフェニルエタン)	400	400	400	400	1,000	1,000	1,000	900	900	750	500	400	100	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
TBSPAポリカーボネートオリゴマー	—	—	—	—	—	—	2,500	2,500	2,500	2,750	3,000	3,000	3,000	2,800	2,900	1,800	2,500	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	2,500	2,500	2,500	2,000	2,200	2,200	2,000	1,800	2,200	2,100	1,500	
プロモポリスチレン	—	—	—	—	—	—	1,300	1,300	1,300	1,500	1,600	2,000	2,000	3,500	3,300	2,500	2,800	3,000	5,100	6,000	7,500	7,500	7,000	5,000	7,000	7,000	6,000	6,000	6,500	4,000	4,400	4,400	4,000	4,000	3,500	2,600		
TBSPAエポキシオリゴマー	—	—	—	1,000	3,000	4,700	6,000	6,500	7,000	7,450	9,000	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500	9,000	12,000	12,000	10,000	9,000	6,000	6,000	7,000	6,200	5,400	5,000	5,000	4,000	4,200	4,000	3,600	4,000	3,700	2,800		
ビス(ペンタブロモフェニルエタン)	—	—	—	—	—	—	—	1,000	1,600	2,600	3,000	4,600	4,600	5,000	5,000	4,500	5,000	5,000	5,000	6,000	6,000	6,000	5,500	6,000	7,000	6,700	5,500	5,900	6,000	6,500	7,000	7,200	7,200	6,500	5,000	5,000	5,000	
TBSPA・ビス(ジプロモプロピルエーテル)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	700	1,750	2,000	1,000	1,350	1,200	1,000	900	800	800	700	490	490	480	1,000	1,500	1,500	1,500	1,200	1,300	1,300	1,200	1,100	1,100	1,000	900	
ポリジプロモフェニルエーテル	100	170	200	—	—	—	—	200	200	400	400	800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ヘキサプロモベンゼン	—	—	—	—	—	—	—	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	300	
ペンタブロモベンジルホルジアレート	—	160	160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,000	550	800	1,000	1,200	1,400	1,400	1,400	980	1,000	1,200	1,080	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,000	1,000	1,000	800	800		
臭素化芳香族トリアジン	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	800	1,000	1,100	900	1,000	1,000	1,800	2,000	2,000	2,500	2,250	1,500	1,000	1,200	1,200	1,200	1,000	1,000	1,000	800	800			
臭素化ブタジエン・シチレン共重合	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,000	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500		
その他	2,300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
合 計	20,000	21,980	27,610	31,250	40,650	49,000	45,900	46,500	51,450	59,100	59,930	64,450	62,825	65,275	67,250	57,550	63,300	65,700	73,900	69,500	71,650	65,750	60,500	48,520	53,680	49,830	44,320	42,830	41,850	36,250	38,450	38,650	35,850	33,100	35,750	33,350	27,100	

(注)TBSPAは他のTBSPA系難燃剤(TBSPAポリカーボネートオリゴマー、TBSPAエポキシオリゴマー、TBSPA系難燃剤の原料が各々、合計の需要量はその分ダブルカウントされている。
原料としても使用されるため、TBSPAの需要量には、TBSPA系難燃剤の原料が含まれ、合計の需要量はその分ダブルカウントされている。

出典：化学工業日報 社団法人資源課より作成

