

平成16年1月16日e-シンポ

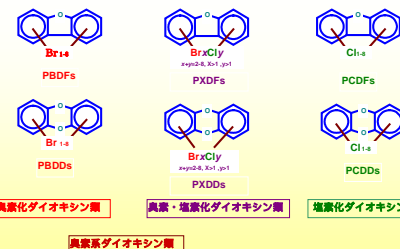
臭素化(系)ダイオキシン類の化学

大阪府立公衆衛生研究所
渡辺 功

はじめにー参考資料

- 環境省総務課ダイオキシン対策室:平成14年度臭素系ダイオキシン類排出実態等調査結果報告書(平成15年12月)
- 環境省環境リスク評価室:平成13年度臭素系ダイオキシン類に関する調査結果について(平成14年12月)
- 財団法人廃棄物研究財団:平成13年度廃棄物処理等化学研究報告書-廃棄物処理過程におけるダイオキシン類誘成化合物の挙動と制御に関する研究(平成14年3月);(廃棄物処理過程におけるダイオキシン類誘成化合物の挙動と制御に関するセミナーテキスト(平成14年6月))
- 厚生省水道環境部:平成11年度ダイオキシン等緊急対策事業-その1.臭素化ダイオキシン類等の実態調査(平成12年3月)
- 渡辺功:臭素系ダイオキシン類、食品安全性セミナー6、ダイオキシン類(鍋貝祐太郎,松本昌夫監修),p111-153,中央法規出版,東京(2002)
- 社団法人環境情報科学センター:ポリ臭素化ジベンゾ-p-ダイオキシン類およびジベンゾフラン類(平成12年10月)

基礎情報ー臭素系ダイオキシン類の化学構造



「臭素系ダイオキシン類」とは、ポリ塩素化ジベンゾ-p-ジオキシン(PCDDs)又はポリ塩素化ジベンゾフラン(PCDFs)の塩素が1つ以上臭素に置換したものを指す。このうち、塩素が1つだけ臭素に置換したものを「モノ臭素ポリ塩素化ダイオキシン類」、全ての塩素が臭素に置換したものを「ポリ臭素化ダイオキシン類」という(環境省)

本日の話題の内容

- はじめに:参考資料,我が国の取組み状況
- 基礎情報:化学構造,異性体数,物理化学特性等
- 生成:発生源,生成推定メカニズム,光分解
- 分析法:環境省暫定法概略,課題点,測定値の見方
- 廃プラスチック:レベル,組成,廃棄TV調査等(廃棄物研究財団:環境省調査)
- 排出源調査:製造・リサイクル・焼却施設における調査(環境省・旧厚生省調査)
- 環境調査:大気・土壌・水質・生物(環境省調査)
- 今後の検討課題点

はじめにー我が国における臭素系ダイオキシン類への取り組み状況

- ダイオキシン対策特別措置法附則第2条(平成11年7月):「政府は臭素系ダイオキシン類につき、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」
- 厚生省生活衛生局水道環境部(平成12年3月):焼却施設及び最終処分場からの排出実態調査
- 廃棄物研究財団(平成12年度~):廃棄物処理過程におけるダイオキシン類誘成化合物の挙動と制御に関する研究
- 環境省環境保健部環境リスク評価室(平成12年~):臭素化ダイオキシンの人への健康影響調査研究
- 環境省環境管理総務課ダイオキシン対策室(平成14年度~):臭素系ダイオキシン等排出実態調査
- 国立環境研究所、摂南大学等における調査・研究
環境試料、人体試料

基礎情報ーハロゲン化ジベンゾ-p-ジオキシンの理論的同族体及び異性体数

PHDDs	塩素原子の数								合計	
	0	1	2	3	4	5	6	7		8
0	—	2	10	14	22(1)	14(1)	10(3)	2(1)	1(1)	75(7)
1	2	14	42	70(1)	70(5)	42(9)	14(7)	2(2)	—	256(24)
2	10	42	114(3)	140(10)	114	42	10	—	—	472
3	14	70(1)	140(10)	140	70	14	—	—	—	448
4	22(1)	70(5)	114	70	14	—	—	—	—	298
5	14(1)	42	42	14	—	—	—	—	—	112
6	10(3)	14	10	—	—	—	—	—	—	34
7	2(1)	2	—	—	—	—	total:1550(337)	—	—	4
8	1(1)	—	—	—	—	—	—	—	—	1
合計	75(7)	—	—	—	—	—	—	—	—	1700

PHDDs=PCDDs+PBDDs+PXDDs
()内の数値は2,3,7,8-位置換換数を示す

基礎情報—臭素系ダイオキシン類の物理化学特性

分子種	水溶解度 [log S] (mol/L) (字書)	蒸気圧 (Pa at 25 °C) (字書)	物質ノリ/水分配係数 [log K _{ow}] (字書)	毒性係数(log K _{oc}) (mol/L) (字書)	
2,3,7,8-TeBDD	469.8	-8.72	8.4x10 ⁻⁷	6.45, 7.74	5.64
1,2,3,7,8-PeBDD	678.7	-9.46		8.32	5.87
1,2,3,4,6,7,8-HpBDD	738.5	-10.89		8.5	6.5
OCBDD	816.4	-11.89	4.1x10 ⁻¹¹	10.08	6.82
2,3,7,8-TeBDF	483.8	-7.99		7.14, 6.98	5.22
1,2,3,7,8-PeBDF	582.7			7.04, 7.58	
2,3,4,7,8-PeBDF	582.7	-8.71		7.73	5.54
2,3,4,6,7,8-HxBDF	641.8	-9.43		8.31	5.86
1,2,3,4,5,6,7,8-HoBDF	720.5		8x10 ⁻¹¹		
2,3,7,8-TeCDD	322.0	-8.87	2.0x10 ⁻⁷	7.70	5.82
2-HeB-3,7,8-TrCDD	388.4	-8.88		7.85	5.9
2,8-DiB-3,7-DiCDD	410.9	-9.04		8.00	5.89
2,8-DiB-7,8-DiCDD	410.9	-9.70	6.2x10 ⁻⁷	7.72	5.83
1,8,7-TrB-2-MeCDD	455.3	-9.23		8.16	5.57
2,7,8-TrB-3-MeCDD	455.3	-9.88		7.87	6
2,3,7,8-TeCDF	306.0	-7.94	2.0x10 ⁻⁸	7.10	5.2
3-HeB-2,7,8-TrCDF	350.4	-8.13		7.25	5.29
2,8-DiB-7,8-DiCDF	394.9	-7.97		7.12	6.21
3,7-DiB-2,8-DiCDF	348.0	-8.31		7.4	5.36
2,3,7-TrB-8-MeCDF	439.3	-8.15		7.27	5.29

ERIC 205, Table 6 (WHO, 1988)
TeCDD, TeCDD, TeCDF及びTeBDF: Fiedler & Bohrmann(1990)

基礎情報—臭素系ダイオキシン類の微生物分解、 生物濃縮性および生体内蓄積性

- 微生物分解性: 報告例少ないが低いと推定
- 生物学的濃縮係数: 不明
- 生体蓄積性: あり
合成化学者、難燃化樹脂工場作業者
一般人: 人体脂肪Choi et al. 2002)
母乳(太田他, 2003)
- 人体内半減期:
2,3,7,8-TeBDD: 2.9-10.8年(平均: 5.9年)
2,3,7,8-TeBDF: 1.1-1.9年(平均: 1.5年)
(Zober et al., 1992)

生成—臭素系ダイオキシン類の発生源

- 臭素化合物(難燃剤など)の製造
ポリ臭化フェニール(PBPs), ポリ臭化ジフェニルエーテル(PBFDEs), 臭素化ビフェニル(PBBs), テトラプロモビスフェノールA(TBBPA)等
- 難燃化ポリマー樹脂の製造過程
- 有機臭素系難燃化製品の加熱・燃焼・焼却
・難燃化製品使用時の温度上昇におけるガス化
・家庭やビル火災に伴う難燃化製品の燃焼
・都市ごみや産業廃棄物焼却炉における焼却過程
燃焼条件に大きく左右される。一般的に主生成物はPBDFs, PBDDsは微量成分、
2,3,7,8-位置換体は微量、PXDDs/DFsも生成
- 有機臭素系難燃剤からの環境中光化学反応による生成
- 自動車排ガス
有鉛ガソリン: スキャベンジャーとしてジプロモエタン等を使用
現在、我が国では使用していない

基礎情報—臭素系ダイオキシン及びベンゾソフ ンの光分解性(太陽光)(Buser, 1988)

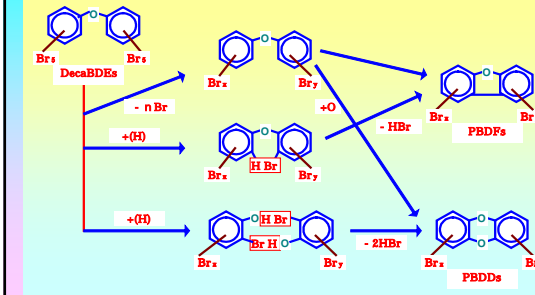
化合物	推定半減期
2,3,7,8-TeCDD	14
2,3,7,8-TeBDD	0.8
1-Bromo-2,3,7,8-TeCDD	4
Dibromo-2,3,7,8-TeCDD	2
2,3,7,8-TeCDF	220
2,3,7,8-TeBDF	0.7
1-Bromo-2,3,7,8-TeCDF	0.5
4-Bromo-2,3,7,8-TeCDF	0.6
Dibromo-2,3,7,8-TeCDF	0.5
2,3,7,8-TeCDD	300
2,3,7,8-TeBDD	32
1-Bromo-2,3,7,8-TeCDD	30
Dibromo-2,3,7,8-TeCDD	12
2,3,7,8-TeCDF	120
2,3,7,8-TeBDF	35
Dibromo-2,3,7,8-TeCDF	10

PBDDs/DFS (脱臭素) 低臭素化PBDDs/DFS
PBCDDs/DFS (脱臭素) 低臭素化PBCDDs/DFS PCDDs/DFS

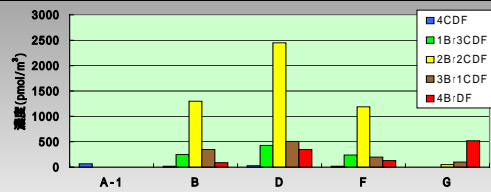
基礎情報—臭素系ダイオキシン類の毒性 (生体影響)EHC205(WHO, 1998)

- 実験動物および in vitro 試験: 胸腺萎縮、肝臓毒性、生殖毒性、発生毒性、免疫毒性、ミクロソーム酵素の誘導、抗エストロゲン作用など
- ヒトに対する影響: 塩素座そう(カノムケ)
- 生物学および毒性学的作用: PCDDs/DFsの作用と類似
- 毒性等価係数(TEF): 現在のところ国際的に同意が得られたTEFはないが、ある種のPBDDs/DFs同族体とその対応する塩素化合物の間には毒性学的な類似性が存在するように考えられる。2,3,7,8-位置換PCDDs/DFsに用いられているTEFを、対応する臭素系ダイオキシン類に暫定的に適用してもよいと考えられる。

生成—デカブロモジフェニルエーテルからの PBDFs及びPBDDsの生成機構例(Bieniek, D. et al., 1989)



生成一難燃剤添加燃料焼却実験により生成した T₄XDF 濃度及び組成 (Soderstrom&Marklund,2000)



Fuel name	Description
A-1	MSW Mix 0.75%Cl, organic Cl: inorganic Cl=1:1
B	Fuel A + 1.7%w/w Br(DecaBDE)
D	Fuel A + 1.7%w/w Br(HBCD)
F	Fuel A + 0.87%w/w Br(TBBPA)
G	Fuel H(0%Cl) + 0.87%w/w Br(TBBPA)

- 生成するT₄XDFの種類は燃料中に存在するClとBrの存在比に関係
- すべての臭素系難燃剤はBr供給源となる

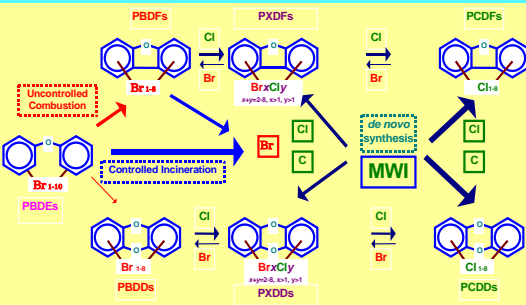
生成-DecaBDEの光分解によるPBDFsの生成

- 有機溶媒相 (Hexane/Benzene/Acetone); UV and Sunlight
PBDEs生成(3~9臭素化体), PBDFs生成(1~5臭素化体)
(Watanabe et al., 1987)
- 有機溶媒相 (Methanol/Water); Fluorescent tube (>290nm)
PBDEs生成(7~9臭素化体), PBDFs生成(2~5臭素化体)
(Eriksson et al., BFR 2001)
- 有機溶媒相 (Hexane/Toluene/Acetone);
UV および人工太陽: PBDEs生成(3~7臭素化体)
PBDFs生成(4~6臭素化体)
(Ohta et al., 2002)
- 固相フィルム; Sunlight
PBDEs生成(6~9臭素化体), PBDFs生成(4~7臭素化体)
(渡辺, 2002)

分析法一臭素化ダイオキシン類分析上の課題点

- 標準物質 (Native & Lable化体とも) が不足
- 前処理
 - 光分解、熱分解しやすい
 - 共存する難燃剤の影響 (特に廃棄物分析)
- GC/MS測定
 - 異性体溶出及び2,3,7,8 体分離が不明確
 - 検出感度が悪い(PCDDs/DFsの約1/10)
 - GC注入温度、方法 (Inj部での熱分解)
 - PBDEsはPBDFs及び低臭素化PBDEsを生成する
 - 妨害物質 (臭素化ジベンゾフランと臭素化ジフェニルエーテル類は測定イオンが同一)

生成一臭素系ダイオキシン類の推定生成メカニズム



分析法一臭素化ダイオキシン類の分析法

- ポリプロモジベンゾ-パラ-ジオキシン及びポリプロモジベンゾフランの暫定調査方法 (環境省環境管理事務局総務課ダイオキシン対策室、平成14年10月)
- 対象試料: 排ガス、工業用水・工場排水、環境大気、土壌、底質及び水生生物
- クリーンアップ操作: 硫酸処理、アルカリ分解、シリカゲルカラム、積層カラム、アルミナカラム、フロリジルカラム、活性炭カラム等
- 測定: 高分解能ガスクロマトグラフ質量分析計で同定・定量 (基本的に PCDDs/PCDFs 分析法に準じたもの)

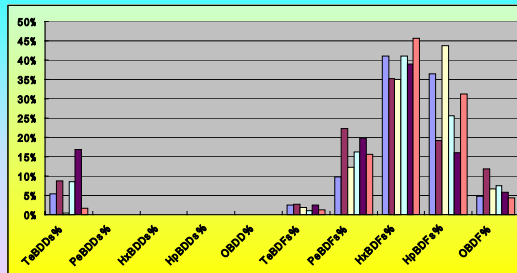
分析法一臭素化ダイオキシン類の測定値の見方

- 臭素化ダイオキシン類
 - 測定対象同族体および異性体の種類を確認
 - 4~6PBDDs/DFSが多い、近年4~8PBDDs/DFSの報告値
 - 測定値は実測濃度値かTEQ推計値かを確認
 - ただしTEQ値表示の場合すべての2,3,7,8-位置換異性体からの値ではない
 - 2,3,7,8-位置換異性体測定値は測定条件によりプラスの誤差を含む可能性あり
- 臭素・塩素化ダイオキシン類
 - 通常MoBPCDDs/DFsの同族体の実測値
 - ただし、6~8ハロゲン化PXDFsの標準品は欠落 (推計値)
 - TEQ推計値は誤差が大きい(標準品不足、分離不明)
 - 2臭素化以上のPXDDs/DFSは殆ど測定不可能 (存在する可能性)

廃プラスチック-難燃樹脂と廃電気電子機器の臭素化ダイオキシン及び臭素化難燃剤濃度 (廃棄物研究財団, 2003)

	PBDEs/PE	TBBP-A/ABS	BPs/PS	ケーシング材 (n=2)	プリント基板 (n=2)
PBDEs [$\mu\text{g/g}$]	20000	-	-	2,100 ~ 6,300	4,100 ~ 11,000
TBBP-A [$\mu\text{g/g}$]	-	420	-	2.4 ~ 1,300	500 ~ 520
PBDD/DFs [ng/g]	3,100	0.62	45	3,000 ~ 66,000	38,000 ~ 130,000
	廃パソコン				
	ケーシング材	ケーシング材+基板	廃携帯電話		
PBDEs [$\mu\text{g/g}$]	7,600	2,900	12		
TBBP-A [$\mu\text{g/g}$]	2,900	3,400	28		
PBDD/DFs [ng/g]	160,000	30,000	370		

廃プラスチック-破碎プラスチック中のPBDDs/DFs 同族体組成 (環境省報道資料(2003.12)より作成)



・PBDFs PBDDs, PBDFs:高臭素化体主成分

廃プラスチック-臭素系難燃剤の需要量の経年変化

Compounds	Amounts (tons)									
	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2001	
TBBPA	12,000	18,000	23,000	23,000	24,000	29,000	29,500	32,300	27,300	
DecaBDE	3,000	5,000	10,000	6,300	5,500	4,200	4,000	2,800	2,500	
OctaBDE	500	1,100	1,100	500	280	75	-	-	-	
TetraBDE	1,000	1,000	1,000	-	-	-	-	-	-	
HBDD	600	700	700	1,400	1,600	2,000	1,850	2,000	2,200	
Others	2,900	1,810	4,850	14,100	19,850	24,450	27,400	30,150	25,550	
Total	20,000	27,610	40,650	45,900	51,450	59,930	62,825	67,250	57,550	
PBDE/Total	0.23	0.26	0.30	0.16	0.12	0.07	0.06	0.04	0.04	

Others: TBBPA polycarbonate oligomer, Brominated polystyrene, TBBPA epoxy oligomer, Bis(pentabromophenyl)ethane, etc
* based on the investigation made by Kagaku Kogyo Nippo Co. Ltd.(Japan)

PBDEs使用は1990年をピークとし最近急激な減少傾向にある

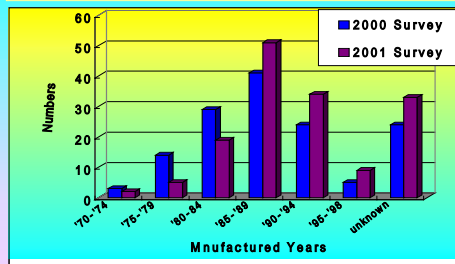
廃プラスチック-破碎プラスチック(テレビ)中のPBDDs/DFs, PCDDs/DFs, MoBPCDDs/DFs, PBDEsおよびTBBPAの分析結果 (環境省報道資料(2003.12)より作成)

化合物	濃度 (ng/g)
PBDDs (ng/g)	11 - 220 (0 - 0)
PBDFs (ng/g)	760 - 3400 (6.8 - 30)
PBDDs/PBDFs (ng/g)	770 - 3400 (6.8 - 30)
PCDDs/DFs (ng/g)	0.07 - 0.74 (0.0000068 - 0.0012)
MoPCDDs/MoPCDFs (ng/g)	ND
PBDEs ($\mu\text{g/g}$)	40000 - 68000
TBBPA ($\mu\text{g/g}$)	1200 - 6200

()内の値はTEQ値(NDは毒性等量「0」として計算)

PBDFs PBDDs
PBDDs/DFs PCDDs/DFs MoBPCDDs/DFs

廃プラスチック-リサイクル施設に集荷されているテレビ (廃棄物研究財団, 2001)



現在廃棄されているTVはPBDEsが最も多く使用された時代の製品

排出源-平成14年度臭素系ダイオキシン類排出実態等調査結果 (環境省環境保健部 環境リスク評価室) (平成15年12月5日報道資料)

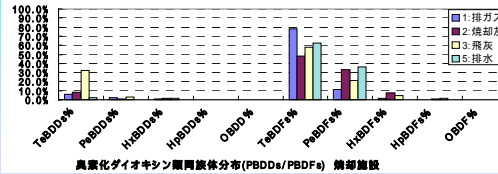
	施設内材料			施設外材料			
	排出ガス等	排水等	燃室内	燃焼大気	降下ばいじん	公共用水	底質
難燃プラスチック製造工場	○△	○△	-	○△	○	○△	
家電リサイクル工場	○	○△	○△	○△	○△	○△	×

凡例
○ モノ臭素ポリ塩化ダイオキシン類が検出された。
△ 多臭素化ダイオキシン類が検出された。
× どちらも検出されなかった。
- 測定しなかった。

排出源—平成14年度 臭素系ダイオキシン類に関する調査結果 (環境省環境保健部 環境リスク評価室) (平成15年12月5日報道資料)

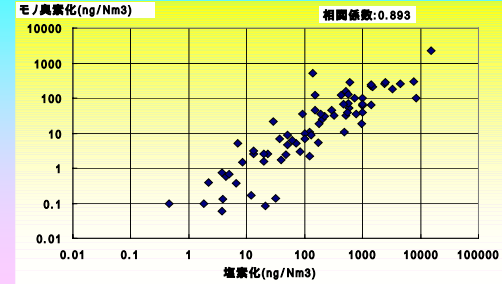
- 施設により差大
- 排出ガス・排出水・建家内濃度
PBDDs/DFs PCDDs/DFs;
PBDFsが主成分, TeBDDが主成分の試料も存在
PCDDs/DFs MoBPCDDs/DFs
- 施設近傍環境大気・降下ばいじん
PBDDs/DFs PCDDs/DFs; PBDFsが主成分
PCDDs/DFs MoBPCDDs/DFs
- 公共用水域水質・底質:
PCDDs/DFs > PBDDs/DFs; PBDFsが主成分
PCDDs/DFs MoBPCDDs/DFs

排出源—焼却施設試料中のPBDDs/DFsの同族体分布 (厚生省, 2000)



PBDFs PBDDs
PBDFs; T4BDFが主成分
同族体組成はPCDDs/DFsと異なる

排出源—焼却施設排ガス中の塩素化ダイオキシン類とモノ臭素化ダイオキシン類濃度の相関関係 (厚生省, 2000)

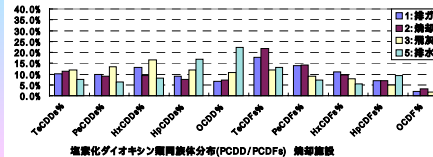
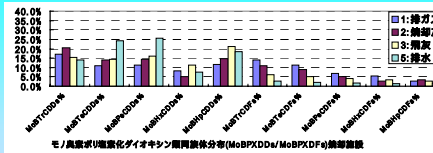


排出源—廃棄物焼却施設及び最終処分場におけるハロゲン化ダイオキシン類測定結果 (厚生省生活衛生局水環境部, 2000)

Compounds	PCDDs/DFs (total amount)	PBDDs/DFs (total: tetra- to hexa-)	PXDDs/DFs (total: Monobromo - polychlorinated (tetra- to Octa-))
Flue Gas (ng/m ³ N)	770 (12.5TEQ) (0.048-15000) (74/75)	4.0 (ND-270) (28/75)	90 (ND-2300) (72/75)
Bottom Ash (ng/g)	34 (0.9TEQ) (ND-1300) (74/75)	0.59 (ND-20) (39/75)	2.9 (ND-83) (57/75)
Fly Ash (ng/g)	1100 (13.3TEQ) (0.018-39000) (74/74)	0.3 (ND-12) (41/74)	190 (ND-7300) (73/74)
Effluent (pg/L)	5500 (73.5TEQ) (3.3-120000) (23/23)	10 (ND-130) (3/23)	950 (ND-21000) (6/23)

PCDDs/DFs MoBPCDDs/DFs PBDDs/DFs

排出源—焼却施設試料中のPCDDs/DFs及びMoBPCDDs/DFsの同族体分布 (厚生省, 2000)



PCDDs/DFsとMoBPCDDs/DFsの同族体組成類似

排出源—焼却施設試料中のPCDDs/DFs, PBDDs/DFs, MoBPCDDs/DFs濃度の相関関係 (厚生省, 2000)

試料	相関係数		
	PCDDs/DFs PBDDs/DFs	PCDDs/DFs MoBPCDDs/DFs	PBDDs/DFs MoBPCDDs/DFs
排ガス	-0.039	0.893	0.174
焼却灰	-0.024	0.835	0.014
飛灰	-0.030	0.990	0.022

MoBPCDDs/DFsの生成: BrとCl結合の *de Novo* 合成由来と推定

排出源—熔融処理及び都市ゴミ焼却処理におけるPBDDs/DFsの流入・流出量調査(廃棄物研究財団, 2002)

	処理施設	処理工程	流入量	流出量					系としての分解率
				合計	排ガス	主灰	スラグ	飛灰	
清浄処理	灰溶融炉	還元清融	140,000	81	3.0	-	37	41	99.94%
		酸化清融	130,000	8.4	5.4	-	2.2	0.77	98.99%
都市ゴミ焼却	施設A	家庭ゴミ中心	2,300	19	0	19*	0	0	98.17%
		家庭ゴミのみ	550**	64	21	28	-	15	-
		粗大破砕ゴミ	1,000**	893-1,438	17	862-	-	22-225	-
		家電破砕ゴミ	1,700,000***	3,835	129	268	-	3,637	-
		施設B	家庭ゴミ中心	240-850	12	2.8	0.53	-	8.1

単位は[μg/tonゴミ](ただし灰溶融炉では焼却残渣発生量を180kg/tonゴミとして計算)
 *ガス化清融炉での不燃物
 **施設Bのデータからの推定値
 ***家電破砕ゴミのうち廃テレビケーシング材の混入割合を10%として推定

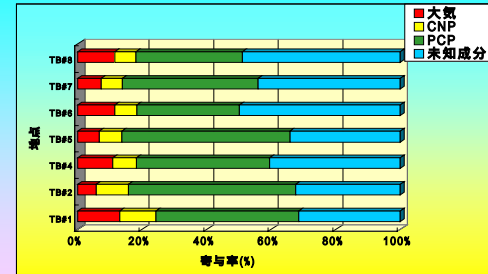
PBDDs/DFsは焼却炉内で流入量の殆どが分解される

環境調査—平成13年度 臭素系ダイオキシン類に関する調査結果(環境省環境保健部 環境リスク評価室, 平成14年12月24日報道資料)

	大気	降下ばいじん	土壌	地下水	水質	底質	水生生物	野生生物	食料
焼却施設周辺地域	○△	○	○△	△	○△	○	○△	△	×
一般都市地域	○△	×	○△	△	○	○△	×	△	×
対照地域	×	×	×	△	×	×	×	-	×

凡例 ○ 臭素系ポリ臭素化ダイオキシン類が検出された。
 △ 臭素系ポリ臭素化ダイオキシン類が検出された。
 × どちらも検出されなかった。
 - 測定しなかった。

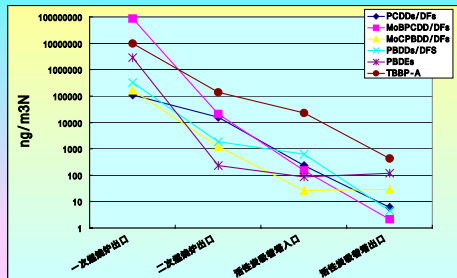
環境調査—東京湾底質試料中のダイオキシン類濃度への起源寄与率の推定(Masunaga, 櫻井より作図)



・PCDDs/DFsは大気を除く一般環境で焼却以外の由来大きい
 ・PBDDs/DFsおよびPXDDs/DFsは焼却由来が主ではないが

排出源—燃焼過程と排ガス処理過程におけるダイオキシン類の挙動の一例

(実験材料: 腐PC試料, 一次燃焼温度: 650, 二次燃焼温度: 900, 実験炉: ラボスケール炉の実験装置)(廃棄物研究財団, 2003)



環境調査—平成13年度 臭素系ダイオキシン類に関する調査結果(続き)(環境省環境保健部 環境リスク評価室, 平成14年12月24日報道資料)

- ・ 地域差あり(焼却施設周辺、一般都市地域、対照地域)
- ・ 大気・降下物
 - PCDDs/DFs > PBDDs/DFs (PBDFsが主成分)
 - PCDDs/DFs > MoPCDDs/DFs
 - (両者に相関関係有り、同族体組成類似)
- ・ 土壌・底質
 - PCDDs/DFs PBDDs/DFs (PBDFsが主成分)
 - PCDDs/DFs MoPCDDs/DFs ; 両者に相関関係なし
- ・ 水生・野生生物:
 - PCDDs/DFs PBDDs/DFs (PBDFsが主成分)
 - PCDDs/DFs MoPCDDs/DFs
 - さらにデータ収集必要

臭素系ダイオキシン類における今後の検討課題

- ・ 情報収集: 有機臭素系難燃剤の需要動向・使用・廃棄状況
- ・ 分析法調査: 不足標準品の入手(試薬メーカーの協力)
 - 高感度および高精度(分離)分析法の開発
 - 簡易分析法の開発
 - モニタリングにおける臭素系ダイオキシン類の測定項目
- ・ 発生源調査: 焼却炉内での有機臭素系難燃化製品からの臭素系ダイオキシン類発生メカニズム及び挙動調査
 - 難燃化製品の適切な廃棄処理方法調査
 - 火災による臭素系ダイオキシン類発生調査
- ・ 環境調査: 臭素系難燃化製品の製造・使用・解体・焼却廃棄施設内および施設周辺の環境調査
 - 一般環境モニタリング調査
 - 他の臭素化合物測定
 - 臭素系ダイオキシン類の環境中挙動(ヒトへの汚染経路の解明)
- ・ 毒性調査: TEFの確定, リスク評価