

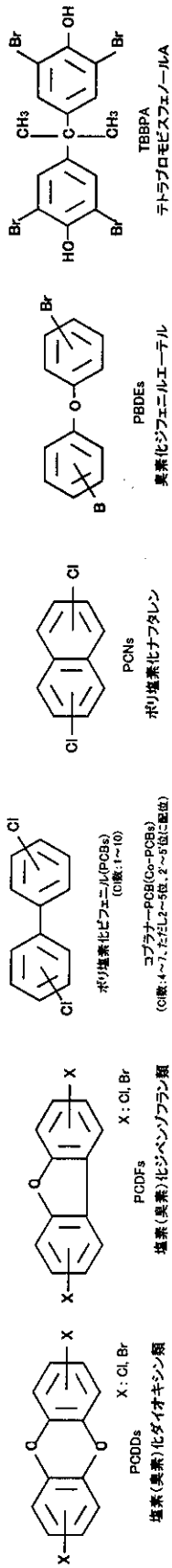
表1-5-1 分析結果一覧(その1)

分析項目	① ごみ	② ガス炉前室出口ガス	③ 炉上炉体出口ガス	④ 触媒排出口ガス	⑤ 不燃物	⑥ 溶融灰分	⑦ ガス炉灰	⑧ 油融灰
ダイオキシン類	PCDDs/DFs 実測濃度 WHO-TEF 1988 (WHO-TEF 1997)	1.8ng/g 0.016 ng-TEQ/g (0.018 ng-TEQ/g)	1.9ng/m ³ 0.026 ng-TEQ/m ³ (0.031ng-TEQ/m ³)	1.9ng/m ³ 0.018 ng-TEQ/m ³ (0.018ng-TEQ/m ³)	1.9ng/g 0.00066 ng-TEQ/g (0.00083ng-TEQ/g)	0.032ng/g 0.00053 ng-TEQ/g (0.00052ng-TEQ/g)	4.5ng/g 0.033 ng-TEQ/g (0.036ng-TEQ/g)	51ng/g 0.44 ng-TEQ/g (0.57ng-TEQ/g)
	Co-PCBs	実測濃度 WHO-TEF 1987	0.74ng/g 0.00012 ng-TEQ/g	0.68ng/m ³ 0.000072 ng-TEQ/m ³	0.44ng/m ³ 0.000049 ng-TEQ/m ³	0.67ng/g 0.014 ng-TEQ/g	0.021ng/g 0.0000021 ng-TEQ/g	0.14ng/g 0.0016 ng-TEQ/g
有機化合物	実測濃度 WHO/IPCS-TEF 1993	0.88ng/g 0.00017 ng-TEQ/g	0.68ng/m ³ 0.00018 ng-TEQ/m ³	0.44ng/m ³ 0.00014 ng-TEQ/m ³	0.68ng/g 0.014 ng-TEQ/g	0.021ng/g 0.0000065 ng-TEQ/g	0.11ng/g 0.0016 ng-TEQ/g	2.8ng/g 0.042 ng-TEQ/g
	実測濃度 TBBPA	4.0ng/g 4.400 ng/g	ND	ND	2.4ng/g	ND	ND	ND
重金属	T-Hg	0.029 mg/kg dry	—	—	—	—	—	—
	Pb	17 mg/kg dry	74 ng/m ³	34 ng/m ³	11 ng/g	1.3 ng/g	2.2 ng/g	29 ng/g
試験	Cd	<10 mg/kg dry	35 ng/m ³	0.79 ng/m ³	3.8 ng/g	0.016 ng/g	0.49 ng/g	21 ng/g
	As	0.50 mg/kg dry	2,600 ng/m ³	440 ng/m ³	120 ng/g	14 ng/g	65 ng/g	2,100 ng/g
無機	Se	<5.0 mg/kg dry	—	—	—	<5.0	<5.0	<5.0
	Cu	50 mg/kg dry	—	—	—	6,000	640	650
試験	Zn	130 mg/kg dry	—	—	—	450	4,600	3,100
	Sb	<10 mg/kg dry	—	—	<10	<10	130	78
試験	T-Cr	54 mg/kg dry	—	—	160	470	2,600	700
	Cr6+	<0.5 mg/kg dry	—	—	<0.5	<0.5	340	61
試験	T-C	36.7 % dry	—	—	2.2	<0.1	<0.1	2.8
	Fe	0.25 % dry	—	—	20.14	1.86	3.68	1.14
試験	Si	2.80 % dry	—	—	24.04	19.97	9.08	6.83
	Al	1.68 % dry	—	—	4.62	11.14	8.12	5.92
試験	Ca	1.52 % dry	—	—	3.84	15.14	12.76	20.30
	K	0.25 % dry	—	—	0.29	1.27	7.08	4.28
試験	Na	0.23 % dry	—	—	0.16	1.35	4.59	2.88
	T-Cl	0.28 % dry	—	—	0.06	0.01	5.90	10.60
試験	T-Br	<0.01 % dry	—	—	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	S04	1.86 % dry	—	—	0.12	0.03	11.97	7.83
試験	水分	33.3 % wet	—	—	2.2	6.7	1.0	2.2
	含水率	130 kg/m ³ wet	—	—	950	1,400	1,100	520

・PCDDs/DFs (polychlorinated dibenzo-p-dioxin/dibenzofurans) : 塩素化ダイオキシン類
 ・PBDDs/DFs (polychlorinated dibenzofuran-p-dioxin/dibenzofurans) : 塩素化ダイオキシン類
 ・PCBs (polychlorinated biphenyls) : 多環芳香族炭化水素類
 ・Co-PCBs (coplanar polychlorinated biphenyls) : 共平面多環芳香族炭化水素類
 ・PAHs (polycyclic aromatic hydrocarbons) : 多環芳香族炭化水素類
 ・POHs (polychlorinated naphthalenes) : 多環芳香族炭化水素類
 ・PBDEs (polybrominated diphenyl ethers) : 臭素化ジフェニルエーテル
 ・TBBPA (tetrabromobisphenol A) : テトラブロモビスフェノールA

表1-5-2 分析結果一覧(その2)

測定項目	① ごみ	② 打込冷却室出口ガス	③ ハウジング出口ガス	④ 触媒後出口ガス	⑤ 不燃物	⑥ 溶融スラグ	⑦ ガス冷却スラグ	⑧ 溶融灰
汚泥	—	—	—	—	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0064
鉛	mg/l	—	—	—	<0.0005	<0.0005	0.005	0.95
銅	mg/l	—	—	—	<0.0005	<0.0005	<0.005	<0.005
46	mg/l	—	—	—	<0.0005	<0.0005	<0.005	<0.005
試験	mg/l	—	—	—	<0.0005	<0.0005	0.006	0.016
検法	mg/l	—	—	—	<0.01	<0.01	44	7.2
	—	—	—	—	10.7 (28°C)	10.2 (27°C)	12.3 (26°C)	10.8 (26°C)
	—	—	—	—	—	—	—	—
ガス量	—	4,100	4,200	4,200	—	—	—	—
乾基(m ³ /h)	—	2,900	3,200	3,200	—	—	—	—
水分	%	28.2	24.5	24.5	—	—	—	—
O ₂	%	12.5	11.9	11.9	—	—	—	—
CO ₂	%	7.5	8.0	8.0	—	—	—	—
ばいじん	g/m ³ N	1.73	0.0011	0.0011	—	—	—	—
SO _x	ppm	21	8.4	6.7	—	—	—	—
NO _x	ppm	429	424	228	—	—	—	—
HCl	ppm	121	14	11	—	—	—	—
CO	ppm	2.3	4.5	14	—	—	—	—
HBr	ppm	<1	<1	<1	—	—	—	—
水分	wt% wet	33.34	—	—	—	—	—	—
灰分	wt% wet	10.93	—	—	—	—	—	—
可燃分	wt% wet	55.73	—	—	—	—	—	—
可燃物発熱量	kJ/kg wet (cal/kg wet)	14,400 (3,450)	—	—	—	—	—	—
高位発熱量	kJ/kg wet (cal/kg wet)	9,590 (2,290)	—	—	—	—	—	—
低位発熱量	kJ/kg wet (cal/kg wet)	7,870 (1,880)	—	—	—	—	—	—
単位容積重量	kg/m ³ wet	132	—	—	—	—	—	—
基・布類	wt% dry	81.70	—	—	—	—	—	—
繊維	wt% dry	2.29	—	—	—	—	—	—
木・竹・ワラ類	wt% dry	6.31	—	—	—	—	—	—
厨芥類	wt% dry	5.50	—	—	—	—	—	—
不燃物類	wt% dry	0.34	—	—	—	—	—	—
その他	wt% dry	3.86	—	—	—	—	—	—
炭素(C)	wt% wet	24.49	—	—	—	—	—	—
水素(H)	wt% wet	3.83	—	—	—	—	—	—
酸素(O)	wt% wet	26.86	—	—	—	—	—	—
燃焼性硫黄(S)	wt% wet	0.03	—	—	—	—	—	—
窒素(N)	wt% wet	0.36	—	—	—	—	—	—
揮発性塩素(Cl)	wt% wet	0.16	—	—	—	—	—	—
揮発性塩素(Br)	wt% wet	<0.01	—	—	—	—	—	—
鉄	wt% dry	—	—	—	18.72	—	—	—
アルミニウム	wt% dry	—	—	—	0.37	—	—	—
銅	wt% dry	—	—	—	0.76	—	—	—
ガラス	wt% dry	—	—	—	1.52	—	—	—
陶器	wt% dry	—	—	—	1.38	—	—	—
その他	wt% dry	—	—	—	77.25	—	—	—



EPA 指定PAHs (多環式芳香族炭化水素類)

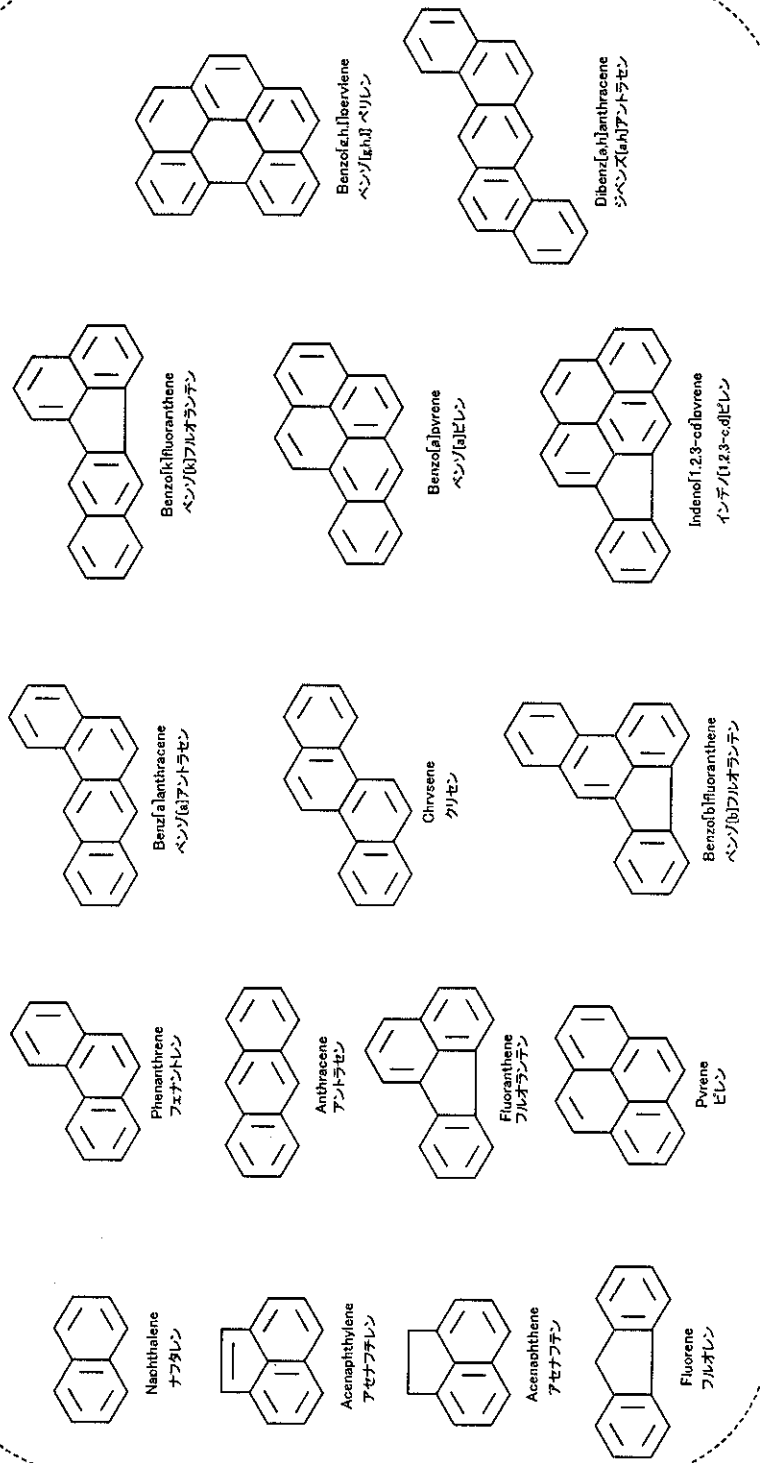


図1-5-3 ダイオキシン類縁化合物の化学構造式

表1-5-3 排ガス中ダイオキシン類緑化合物のバグフィルタ、触媒塔における除去率

ダイオキシン類緑化合物名	単位	②	③	④	バグフィルタ	触媒塔	バグフィルタ及び触媒塔における除去率 (%)
		ガス冷却器出口ガス	バグフィルタ出口ガス	触媒塔出口ガス	における除去率 (%)	における除去率 (%)	(1-④/②)×100
PCDDs/DFs *1	μg-TEQ/ごみt	98,400 m ³ N/d 6.076	100,800 m ³ N/d 0.261	100,800 m ³ N/d 0.1807	(1-③/②)×100 95.70	(1-④/③)×100 30.77	(1-④/②)×100 97.03
Co-PCBs *2	μg-TEQ/ごみt	1,274	0.0007229	0.0004819	99.94	33.34	99.96
PBDDs/DFs *3	μg/ごみt	0	0	0	-	-	-
PCBs *4	μg/ごみt	725.3	341.4	180.7	52.93	47.06	75.08
PCNs *5	μg/ごみt	343.0	7.329	3.815	97.86	47.95	98.89
PAHs *6	μg/ごみt	25,482	4,418	2,309	82.66	47.73	90.94

表1-5-4 ダイオキシン類緑化合物の流入総量と排出総量

ダイオキシン類緑化合物名	単位	流入総量		排出総量						合計 (④+⑤+⑥+⑦+⑧)
		① ごみ	② 触媒塔出口ガス	③ 触媒塔出口ガス	④ 不燃物	⑤ 溶融スラグ	⑥ ガスダスト	⑦ 溶融飛灰		
PCDDs/DFs *9	μg/ごみt	10,04 t/d (100%)	1,800 (100%)	16.06 (0.89%)	79 kg/d (0.05%)	426 kg/d (0.08%)	3.9 kg/d (0.10%)	114kg/d (32.17%)	579.08 (33.29%)	599.11 (33.29%)
Co-PCBs *10	μg/ごみt	740 (100%)	740 (100%)	4,418 (0.60%)	5,272 (0.71%)	0.891 (0.12%)	0.0544 (0.01%)	35.20 (4.76%)	45.84 (6.20%)	45.84 (6.20%)
PBDDs/DFs *3	μg/ごみt	4,000 (100%)	4,000 (100%)	0 (0.00%)	19 (0.48%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	19 (0.48%)	19 (0.48%)
PCBs *4	μg/ごみt	47,000 (100%)	47,000 (100%)	180.7 (0.38%)	86.55 (0.18%)	55.16 (0.12%)	0.85 (0.00%)	329.3 (0.70%)	652.6 (1.38%)	652.6 (1.38%)
PCNs *5	μg/ごみt	3,800 (100%)	3,800 (100%)	3.82 (0.10%)	29.9 (0.79%)	0.68 (0.02%)	0.19 (0.01%)	238.4 (6.27%)	273.0 (7.19%)	273.0 (7.19%)
PAHs *6	μg/ごみt	850,000 (100%)	850,000 (100%)	2,309 (0.27%)	944.2 (0.11%)	594 (0.07%)	25.25 (0.00%)	23,845 (2.81%)	27,717 (3.26%)	27,717 (3.26%)
PBDEs *7	μg/ごみt	230,000	230,000	-	-	-	-	-	-	-
TBBPA *8	μg/ごみt	4,400,000	4,400,000	-	-	-	-	-	-	-

*1 International-TEF 1988を使用した毒性等量

*2 WHO-TEF 1997を使用した毒性等量

*3~*10 実測濃度

1. 6 焼却施設からのダイオキシン類縁化合物の排出実態及び周辺環境への影響把握調査

1. 6. 1 調査目的

ごみ焼却施設から排出されるダイオキシン類、コプラナ-PCB類及び臭素化ダイオキシン類、臭素・塩素化ダイオキシン類等のダイオキシン類縁化合物の排出量、並びにその周辺環境への影響についての知見を得ることを目的とする。あわせてごみ中のダイオキシン類縁化合物の濃度についても調査を行ない、マテリアルフロー解析に資するデータを得る。

1. 6. 2 調査概要

調査対象の焼却炉はダイオキシンガイドラインに準拠して計画され、平成11年3月に竣工した連続運転式ごみ焼却施設である。対象施設の概要を表1-6-1、測定項目を表1-6-2に示す。

表 1-6-1 対象施設の概要

施設規模	85 t / 24 h × 3 炉 計 255 t / 24 h
炉形式	連続運転式ストーカ炉
燃焼ガス冷却設備	全ボイラ方式
排ガス処理設備	減温塔＋ろ過式集じん器＋乾式有害ガス除去装置（消石灰＋助剤＋活性炭吹き込み）

表 1-6-2 ダイオキシン類縁化合物測定項目

場所	項目	PCDDs	PCDFs	Co-PCBs	PBDDs /DFs	PXDDs /DFs	その他	備考
焼却炉	排ガス	○	○	○	○	○	PAHs	粒子体・ガス体 各1検体
	焼却灰	○	○	○	○	○	PAHs	1検体
	飛灰	○	○	○	○	○	PAHs	1検体
	ごみ	○	○	○	○		PBDEs	3検体
東 1, 2, 5 km 地点	大気	○	○	○	○	○		各地点1検体
	降下 ばいじん	○	○	○	○	○		各地点1検体
	土壌	○	○	○	○	○		各地点1検体
	松葉	○	○	○	○	○		各地点1検体
施設 近傍	土壌	○	○	○				1検体
	松葉	○	○	○				1検体
西 1, 2, 5 10km	土壌	○	○	○				各地点1検体
	松葉	○	○	○				各地点1検体

注) PBDEs：臭素化ジフェニルエーテル類

1. 6. 3 焼却施設測定結果

焼却施設におけるごみ、排ガス、灰中のダイオキシン類縁化合物について、分析結果を表1-6-3、表1-6-4に示す。

破碎ごみは家庭ごみ中心の普通ごみ①に比べて塩素化ダイオキシン類及び臭素化ダイオキシン類濃度が高い。一方、コプラナ-PCB類については普通ごみ①の方が高濃度であった。

排ガス及び灰については、飛灰中のダイオキシン類縁化合物濃度が高く、臭素・塩素化ダイオキシン類については飛灰中で多く検出され、排ガス及び焼却灰中の濃度は低かった。

表 1-6-3 ごみ、排ガス、灰中のダイオキシン類縁化合物の総量

サンプル名	普通ごみ① (主に家庭ごみ)	普通ごみ② (家庭ごみに 破碎ごみ混)	破碎ごみ	排ガス (粒子 体)	排ガス (ガス体)	飛灰	焼却灰
単位	pg/g-DRY	pg/g-DRY	pg/g-DRY	ng/m ³ N	ng/m ³ N	ng/g	ng/g
PCDDs	950	230	3400	0.094	0.38	35	0.24
PCDFs	74	40	310	0.043	0.15	29	0.14
PCDDs/DFs	1024	270	3710	0.137	0.53	64	0.38
Co-PCBs ^(注)	1460	1069	699	0.00814	0.103	5.6	0.0387
PBDDs	2.6	7.9	0	0.002	0.011	0.071	0
PBDFs	530	1400	2900	0.11	0.15	0.23	0.0058
PBDDs/DFs	533	1408	2900	0.112	0.161	0.301	0.0058
MoBPXDDs	-	-	-	0	0	15	0.021
MoBPXDFs	-	-	-	0	0	3.5	0
MoBPXDDs/DFs	-	-	-	0	0	18.5	0.021
DiBPXDDs	-	-	-	0	0	6	0
DiBPXDFs	-	-	-	0	0	0.15	0
DiBPXDDs/DFs	-	-	-	0	0	6.15	0
PBDEs	15.4	50.7	87.7	-	-	-	-

注) Co-PCBs については分析した異性体の値の和を総量とした。

表 1-6-4 ごみ、排ガス、灰中の PCDDs/DFs、Co-PCBs 毒性等価換算濃度

サンプル名	普通ごみ ①	普通ごみ ②	破碎ごみ	排ガス (粒子 体)	排ガス (ガス体)	飛灰	焼却灰
単位	pg-TEQ/g-DRY	pg-TEQ/g-DRY	pg-TEQ/g-DRY	ng-TEQ/m ³ N	ng-TEQ/m ³ N	ng-TEQ/g	ng-TEQ/g
PCDDs TEQ	2.027	0.669	1.519	0.0001265	0.003973	0.2781	0.003174
PCDFs TEQ	0.89718	0.53581	1.4105	0.0000669	0.0041976	0.58581	0.0020624
PCDD/DFs TEQ	2.92418	1.20481	2.9295	0.0001934	0.0081706	0.86391	0.0052364
Co-PCBs TEQ	0.54306	0.42651	0.35054	0	0.0000145	0.0858487	0.0002234
Total TEQ	3.46724	1.63132	3.28004	0.0001934	0.0081851	0.9497587	0.0054598

1. 6. 4 周辺環境の測定結果

環境大気、降下ばいじん、土壌、松葉について、東1 km地点、東2 km地点、東5 km地点の3地点で測定した結果を表1-6-5、表1-6-6に示す。

塩素化ダイオキシン類はいずれのサンプルにおいても施設からの距離が離れるにつれて濃度が減少する傾向があるが、コプラナ-PCB類についてはその差は顕著でない。

臭素化ダイオキシン類については降下ばいじん中から多く検出されたが、臭素・塩素化ダイオキシン類は環境大気、降下ばいじんにおいては定量下限値以下であり、土壌、松葉からのみ検出された。

表1-6-5 周辺環境中のダイオキシン類縁化合物の総量

試料名 単位	土壌			松葉		
	東1 km pg/g	東2 km pg/g	東5 km pg/g	東1 km pg/g	東2 km pg/g	東5 km pg/g
PCDDs	1300	780	730	290	120	59
PCDFs	390	360	230	140	65	40
PCDDs/DFs	1690	1140	960	430	185	99
Co-PCBs	291	147	374	107	218	221
PBDDs	2.5	3.8	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
PBDFs	8.3	36	19	36	41	29
PBDD/DFs	11	40	19	36	41	29
MoBPXDDs	40	40	30	N. D.	N. D.	N. D.
MoBPXDFs	N. D.	N. D.	N. D.	26	23	7
MoBPXDDs/DFs	40	40	30	26	23	7
DiBPXDDs	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
DiBPXDFs	10	N. D.	N. D.	29	13	11
DiBPXDDs/DFs	10	N. D.	N. D.	29	13	11

試料名 単位	環境大気			降下ばいじん		
	東1 km pg/m ³	東2 km pg/m ³	東5 km pg/m ³	東1 km pg/m ² /d	東2 km pg/m ² /d	東5 km pg/m ² /d
PCDDs	5.7	3.2	1.8	1800	1600	550
PCDFs	15	3.3	2.5	650	690	560
PCDDs/DFs	20.7	6.5	4.3	2450	2290	1110
Co-PCBs	3.5	1.2	1.4	224	184	178
PBDDs	N. D.	N. D.	N. D.	6	5.9	6.3
PBDFs	0.48	0.35	0.26	440	420	440
PBDD/DFs	0.48	0.35	0.26	450	430	450
MoBPXDDs	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
MoBPXDFs	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
MoBPXDDs/DFs	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
DiBPXDDs	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
DiBPXDFs	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
DiBPXDDs/DFs	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.

注) Co-PCBsについては分析した異性体の値の和を総量とした。

表 1-6-6 周辺環境中の PCDDs/DFs、Co-PCBs 毒性等価換算濃度

試料名	土壌			松葉		
	東 1 km	東 2 km	東 5 km	東 1 km	東 2 km	東 5 km
単位	pg-TEQ/g	pg-TEQ/g	pg-TEQ/g	pg-TEQ/g	pg-TEQ/g	pg-TEQ/g
PCDDs TEQ	8.881	10.731	5.298	1.646	0.5054	0.24535
PCDFs TEQ	7.8423	7.5743	4.6417	2.14649	0.746	0.6285
PCDDs/DFs TEQ	16.7233	18.3053	9.9397	3.79249	1.2514	0.87385
Co-PCBs TEQ	0.531986	0.56299	0.35501	0.321076	0.613092	0.394186
Total TEQ	17.255286	18.86829	10.29471	4.113566	1.864492	1.268036

試料名	環境大気			降下ばいじん		
	東 1 km	東 2 km	東 5 km	東 1 km	東 2 km	東 5 km
単位	pg-TEQ/m ³	pg-TEQ/m ³	pg-TEQ/m ³	pg-TEQ/m ² /d	pg-TEQ/m ² /d	pg-TEQ/m ² /d
PCDDs	0.108068	0.019753	0.010746	8.32	8.47	6.192
PCDFs	0.26941	0.049459	0.041444	11.8172	12.7568	10.7366
PCDDs/DFs	0.377478	0.069212	0.05219	20.1372	21.2268	16.9286
Co-PCBs	0.0288931	0.0054335	0.0035577	0.903165	0.662315	0.621455
Total TEQ	0.4063711	0.0746455	0.0557477	21.040365	21.889115	17.550055

第1章 廃棄物処理過程におけるダイオキシン類縁化合物の挙動と制御に関する研究

1. 1 ダイオキシン類縁化合物に関連する基礎調査

昨年度はポリ塩化ビニル等の塩素含有樹脂とダイオキシン類の生成との関係およびそれを踏まえた廃棄物処理に関する欧州の最新動向について調査を行なったが、それに引き続いて、今年度は臭素系ダイオキシン類およびP O P sに関する海外の動向を調査するとともに、ヘキサクロロベンゼンについての基礎的な情報を収集し、とりまとめた。海外動向調査は独バイロイト大学の Dr. Fiedler に依頼した。

1. 1. 1 臭素化ダイオキシン類およびP O P sに関する海外動向

1. 臭素化ダイオキシン類

臭素化ダイオキシン類 (P B D D s / D F s) は、臭素化ジフェニルエーテル、テトラブロモビスフェノールA等の難燃剤中あるいはこれらの臭素系難燃剤を含有するプラスチックおよびそれらの成形品中 (電子機器のケース等) に存在しており、前者の例では、1 g 当り 8000ng を越えるP B D D s が発見されたこともある。後者の例では、ジフェニルエーテルで難燃化したプラスチックを使用した電子機器ケース中に 5 ~73ppb のP B D D s / D F s が測定されている。臭素系難燃剤を含むプラスチックからのP B D D s / D F s の放出は、プラスチックの成形加工時に認められ、たとえば押出成形機に近い作業現場では、空気中に Br_2 - Br_8DF で 0.02~0.5ng/m³ の検出例がある。また、テレビやパソコンのような電子機器は密閉室内で使用され、電源を入れると温度があがるため、プラスチックに含有されている化学物質が室内に放出される。このような例としてテレビセットのある室内とともに、掃除機からの粉塵中のP B D D s / D F s についても測定されている。欧州プラスチック製造協会 (AMPE) では、電機・電子製品の廃プラスチックを標準的なレベルで含有する都市ごみと高レベルで含有する都市ごみの焼却について 1997 年に調査を開始した。消費者向けのプラスチックには 0.4wt-% 程度の臭素が含まれ、工業用途向けのプラスチック中には 4wt-% 程度の臭素が含まれていた。電機・電子製品の廃プラスチック中には平均値で約 20 μg/kg のP B D D s / D F s が含まれており、これを焼却

処理した場合、廃プラスチックの含有量が 12%以下ではガス中のダイオキシン類の増加は顕著ではなかった。臭素または臭素と塩素を含むダイオキシン類については、2個より多くの臭素を含むダイオキシン類同族体は検出されなかった。

一方、Wanke ら (1996) は、発泡プラスチックに臭素を添加して、臭素濃度 2～4%としたものを固形燃料と混焼した結果を報告しているが、PBDDs/DFs の濃度は非常に低かった。しかし、1個の臭素を持つ塩素との混合ダイオキシン類の濃度は高レベルであった。

ドイツの Bielefeld-Herford の都市ごみの大規模な焼却実験では、4.8%のペンタプロモビフェニルエーテルを含む物質を通常の燃料に添加し、電気集じん器からの飛灰中のダイオキシン類が測定された。その結果、臭素を含むダイオキシン類は一臭素・塩素化ダイオキシン類だけで、表 1-1-1 に示す濃度であった。

表 1-1-1 臭素系難燃剤含有回路基板混焼時の飛灰中のダイオキシン類 (ng/g)

	試料 1	試料 2	試料 3	試料 4	試料 5
一臭素・塩素化ジブチル	2,789	4,104	5,214	2,237	762
一臭素・塩素化ジペンゾフラン	1,563	1,668	4,949	2,111	785

燃焼系における PBDDs/DFs の生成について特徴的なことは、以上に述べたように、2 臭化物以上のダイオキシン類がほとんど検出されていないこと、1 臭化物についても、低濃度であることであり、焼却経由の PBDDs/DFs についての問題はほとんどないと言える。古い型の焼却施設または排ガス処理施設がないか不十分な焼却施設においては、PBDDs/DFs の生成と放出があるかもしれないが、塩素化ダイオキシン類の問題の方がはるかに重要である。ただし、火災事故時の PBDDs/DFs の生成については、高濃度（燃焼残渣中）で生成する場合もあることが報告されている。

難燃剤中の PBDDs/DFs あるいは難燃剤そのものの熱分解による PBDDs/DFs の生成については、高濃度の検出例があり、ポリ臭化ビフェニルはオーストリア、カナダ、アメリカでは完全禁止、デンマーク、フィンランド、フランスでは織物への混入が禁止されている。また、オランダでは臭素化ジフェニルエーテルをプラスチックに添加す

ることが禁止されている。ドイツでは、1994年の化学薬品禁止条例の改正により、表1-1-2に示す固体中のPBDDs/DFs濃度の基準値が示された。

表1-1-2 ドイツにおけるPBDDs/DFs規制

同族体	規制値
2, 3, 7, 8-Br ₄ DD+1, 2, 3, 7, 8-Br ₅ DD+2, 3, 7, 8-Br ₄ DF+2, 3, 4, 7, 8-Br ₅ DF	< 1 μg/kg
同上+1, 2, 3, 4, 7, 8-Br ₆ DD+1, 2, 3, 7, 8, 9-Br ₆ DD+1, 2, 3, 6, 7, 8-Br ₆ DD+1, 2, 3, 7, 8-Br ₅ DF	< 5 μg/kg

2. POPs

1) POPsに関する国際条約の状況

国連環境計画（UNEP）の理事会は、1995年5月25日の決定の中で、12種類の残留性有機汚染物質（POPs）に対する国際的措置に関する勧告および周知を徹底するよう、国際機関（IOMC、IPCS、IFCS）に要請した。1996年6月、POPsに対する国際的措置計画を勧告するのに十分な証拠がIFCS（政府間化学物質安全性フォーラム）に集められた。1997年2月7日の決定19/13Cの中で、UNEP理事会は、UNEP理事長に対して、以下のことを行うべく政府間交渉委員会（INC）を招集するよう求めた。すなわち、1) 国際的措置を実施するために国際的に法的拘束力のある協定を作成し、それをまず12種類の特定のPOPsから始めること、2) 科学に基づいたクライテリアや今後の国際的措置における候補としての追加のPOPsを決めるための手続きを作りあげるため、専門家グループを設置すること、である。

POPsが問題になるのは、それらが毒性を持ち環境中に残留し、動物およびヒトの脂肪組織に蓄積されるからであり、また地球上の遠隔地域にまで移動する可能性があるためである。最初の措置は、下記12種類のPOPsのリストから開始される予定である。

- ・ 8種類の有機塩素系農薬：アルドリン、クロルデン、DDT、ディルドリン、エンドリン、ヘプタクロール、マイレックス、トクサフェン。
- ・ 2種類の工業用化学物質：ヘキサクロロベンゼン（HCB）、ポリ塩化ビフェニル。
- ・ 2種類の好ましくない副生物：ダイオキシン、フラン。

現在（1999年11月）までに、今後の POPs 条約交渉のために、3回の協議が行なわれた。政府間交渉委員会（INC）の第1回会合は1998年7月モントリオールで、第2回 INC は1999年1月ナイロビで、第3回 INC は1999年9月ジュネーブでそれぞれ開催された。第4回 INC は2000年3月にボン（ドイツ）で開催される予定であり、また第5回 INC は2000年末に南アフリカで開催されることが暫定的に決められている。外交官会議は、2000年5月21日～23日、スウェーデンのストックホルムで予定されている。これまでの同様の協定に関する経験からは、POPs 条約はおそらく2004年中に施行されることになるだろう。

クライテリア専門家グループは、その役目を2回の会合で達成し、POPs の特性を有する化学物質のスクリーニングに盛り込まれるべきクライテリアを提案した。スクリーニングは、以下のようなクライテリアに基づく予定である。

- ・水中の残留性 ($t_{1/2} > 2$ あるいは6ヶ月)、土壌および底質中の残留性 ($t_{1/2} > 6$ ヶ月) あるいはその他の残留性の証拠
- ・生物蓄積性: $\text{Log } K_{ow} > 4$ あるいは5、または $\text{BCF/BAF} > 5,000$ 、またはその他の生物蓄積性の証拠、たとえばモニタリングによる。
- ・長距離移動の可能性、すなわち潜在的に懸念される測定濃度がかなり離れた場所で確認されること、移動が生じる可能性を示すモニタリングデータがあること、運命的環境動態特性あるいはモデリングによって長距離移動の可能性が示されること。さらに、2日間以上にわたり大気中を移動する物質もこの中に含めることを考慮すべきである。
- ・有害性の影響、および懸念される理由の提示があるもの。

2) ロッテルダム条約

1960年代および1970年代の化学物質の国際貿易の拡大によって、有害な化学物質の使用に付随するリスクの懸念が増大することとなった。その結果として、1985年、国連食糧農業機関（FAO）によって、農薬の販売と使用に関する国際規約が制定された。1987年には、国連環境計画（UNEP）が国際貿易における化学品に関する情報交換のためのロンドン・ガイドラインを制定した。1989年には、有害化学物質輸出事前承認制度（PIC）として知られている手続きが、禁止あるいは厳重に規制されている好ましくない化学物質の輸

入制限を促進するために付け加えられた。

PIC は、締約諸国が同国に輸入される可能性のある潜在的に有害な化学物質の特性について、より多くのことを知ることができるようにする手続きであり、締約国自身がこれらの化学物質の今後の輸入に関して決定プロセスを有するものであり、他の国々に対してその決定の普及を図るものである。その目的は、国際的に取引される特定の有害化学物質による有害影響からヒトの健康および環境を保護するために、輸出国と輸入国の間での責任分担を奨励することである。PIC の手続きは、PIC の実施に関する FAO/UNEP 共同プログラムに沿って、FAO と UNEP の共同で実施されている。FAO の植物生産・保護部門が農業の主要監督機関であり、UNEP 化学物質部 (IRPTC) がその他の化学物質の主要監督機関である。

交渉から 2 年後の 1998 年 3 月、国際貿易における特定有害化学物質および農業に関する事前承認制度 (PIC) 手続き条約文書を、95 カ国の政府が最終的に承認した。この条約文書は、1998 年 11 月 10 日～11 日、ロッテルダムで開催された外交官会議で採択され、署名に付された。

この条約は世界が非常に危険な物質の貿易をモニターし管理することを可能にするものである。これは、輸入国に対して、どの化学物質を受け入れるかを決定させ、安全に管理できないものを拒む力を与えるものである。もし貿易が行なわれなくても、ラベリングの要求や潜在的な健康と環境への影響に関する情報の提供がこれらの化学物質の安全な使用を促進することになるであろう。この条約は、これらの化学物質の使用をどうしても必要でかつ安全に使用されうる場合のみに限定することで、ヒトの健康および環境についてのこの差し迫った問題を解決するだろう。このようにして、この条約は、化学物質の安全性に関する新たな問題を防止する一助となるであろう。

ロッテルダム条約は、欧州連合同数の 60 カ国によって調印されている。会議ではまた、中間化学物質再検討委員会 (ICRC) が設立されているが、その委員会では、PIC リストにさらに農業あるいは工業用化学薬品の追加に関する勧告を行なう。各締約国代表は、ICRC に対して、再検討の対象となる 4 種類の有害化学物質 (ブロマシル、二塩化エチレン、酸化エチレン、およびマレイン酸ヒドラジド) を提出している。PIC リストに記載されている化学物質および農業は、輸入国がそれらの危険性を承知しており、明白な承諾を与えない限り、輸出が許されない。ロッテルダム条約に含まれているのは、開発途上国の

農家が安全に使用するには、あまりに危険性の高い農薬製剤である。

ロッテルダム条約に基づいて、化学物質の輸出は、情報提供による輸入当事国の事前承認によってのみ可能となるのである。

PIC 手続きは、特定の化学物質の今後の発送を受け入れるかどうか等についての輸入国が決定を公式に行い、普及するための方法であり、またこれらの決定を輸出国が確実に遵守するための方法である。その目的は、そうした化学物質の有害な影響からヒトの健康および環境を保護するために輸出国と輸入国の間で責任の分担を促進することである。

この条約には、輸出および輸入の対象となる潜在的に有害な化学物質に関する関係国間の情報交換についての条項が含まれており、各国が輸入に関して決定を行なう手続きと、輸出者がこれらの決定を遵守するための規定が含まれている。

情報交換に関する条項には以下のものが含まれる。

- ・化学物質に関する、国内で実施されている各々の禁止あるいは厳重な規制について、締約国が他の締約国に情報を提供するということに対する要求。
- ・開発途上国である締約国あるいは経済的過渡期にある締約国が、自国の領土内での使用条件下で、非常に有害な農薬製剤が引き起こした諸問題を経験しているということについて、他の締約国へ情報を与えるかもしれないという可能性。
- ・自国の領土内での使用が禁止または厳重に規制されている化学物質の輸出を計画している締約国が、輸入国に対して、最初の輸出前、およびその後毎年、そうした輸出が行なわれることを通知するということについての要求。
- ・商業目的で使用するために化学物質が輸出される場合、輸出国は、国際的に承認された形式に従い、かつ最新の情報が得られる安全データシートを、輸入国に送ることが確保されるということについての要求。
- ・PIC 手続きに含まれる化学物質、他には国内において禁止あるいは厳重に規制されているが、このような化学物質が輸出される場合、これらの化学物質の輸出では、ヒトの健康と環境に対するリスクおよびまたは有害性に関する情報を適正に利用できるようにするためのラベル化要求の対象となるということについての要求。

輸入国によって行なわれた決定は中立的な取り扱いを受けなければならない。すなわち、

もしその締約国が特定の化学物質の輸入の受け入れに同意しない場合には、国内使用のための化学物質の国内での製造、あるいは非締約国からの輸入も停止されなければならない。

この条約は締約諸国間の技術的援助を与えるものである。締約諸国は、特に開発途上国および経済的過渡期にある諸国を考慮に入れて、生活基盤の発展および化学物質管理に必要な能力のための技術的援助の促進を通じて、この条約の実施を可能とするための協力をしなければならない。化学物質規制についてのより進んだプログラムを持つ締約諸国は、他の締約国の生活基盤およびライフサイクルを通じた化学物質管理の能力の開発に関する教育も含めた、技術的援助を提供しなければならない。

各締約国は、この条約の求める管理機能の達成において国の代表者として行動することを認められた1名あるいは2名以上の専門家を指名しなければならない。

条約の実施は、各締約国の会議によって監督される予定である。各締約国からの通知および指名を再検討し、PIC 手続きに含めるべき化学物質について各締約国会議に対して勧告するために、化学物質再検討委員会が設立されることになるだろう。条約では、これらのプロセスが公開かつ公明な仕方で行われることを求めている。

今後どのような化学物質が含まれるかについては以下のようなものである。

ロッテルダム条約は、特定の締約国によって健康あるいは環境上の理由から禁止または厳重に規制されている農薬および工業用化学薬品に及んでおり、締約諸国による通知の対象として PIC 手続きに含まれるものである。非常に有害な農薬製剤は、開発途上国である締約国あるいは経済的過渡期にある締約国における使用条件下で有害である、それらも同様に指定されている。化学物質を PIC 手続きに含めることは、締約国会議によって決定される。当初、27 種類の化学物質が含まれていたこの条約は、自主的 PIC 手続きによって進展し、条約の条項が実施される際には、おそらくさらに 100 以上の物質が付け加えられるだろう。最初の化学物質リストを表 1-1-3 に示している。これらはすべて有機化学物質である。そしてそのほとんどは農薬として使用されており、一部が工業用化学薬品である。

表 1-1-3 有害化学物質輸出事前承認制度手続き (PIC) の対象となる化学物質

化合物名	CAS番号	分類
2,4,5-T	93-76-5	殺虫剤
アルドリノ	309-00-2	殺虫剤
キャプタホル	2425-06-1	殺虫剤
クロルデン	57-74-9	殺虫剤
クロロジメホルム	6164-98-3	殺虫剤
クロロベンジレート	510-15-6	殺虫剤
DDT	50-29-3	殺虫剤
ディルドリン	60-57-1	殺虫剤
ジネソルブ及びその塩	88-85-7	殺虫剤
1,2-ジブプロモメタン	106-93-4	殺虫剤
フルオロアセトアミド	640-19-7	殺虫剤
ヘキサクロロシクロヘキサン: HCH	608-73-1	殺虫剤
ヘプタクロール	76-44-8	殺虫剤
ヘキサクロロベンゼン	118-74-1	殺虫剤
リンデン	58-89-9	殺虫剤
水銀化合物 (無機水銀化合物を含む) アルキル水銀化合物 アルキルオキシアルキル水銀化合物 アリール水銀化合物		殺虫剤
ペンタクロロフェノール	87-86-5	殺虫剤
モノクロトホス	6923-22-4	強毒性殺虫剤
メタミドホス	10265-92-6	強毒性殺虫剤
ホスファミドン	13171-21-6, 23783-98-4, 297-99-4	強毒性殺虫剤
メチルパラチオン	298-00-0	強毒性殺虫剤
パラチオン	56-38-2	強毒性殺虫剤
クロシドライト	12001-01-8	強毒性殺虫剤
多臭素化ビフェニール	36355-01-8, 27857-07-7, 13654-09-6	工業製品
PCB	1336-36-3	工業製品
多塩素化ターフェニル (PCT)	61788-33-8	工業製品
トリス(2,3-ジブプロピル)ホスフェイト	126-72-7	工業製品

1999年7月にローマで開かれた第6回政府間交渉委員会（INC-6）で、100カ国以上からの代表が、2種類の農薬（ピナプアクリルおよびトクサフェン）の禁止あるいは厳重な規制の対象となる化学物質に関するPICリストに載せることを合意している。これら2種類の化学物質の追加によって、PICリストに記載された農薬および危険化学物質の数は29になった。

麻薬や向精神薬、放射性物質、廃棄物、化学兵器、医薬品、食物および食品添加物などの、化学物質中のある特定のグループは、この条約の範囲から外されている。また、研究分析目的で輸入されている、あるいは個人的な使用目的で個人が妥当な量で輸入している物質についても、それらが量的にヒトあるいは環境に影響を与える可能性が少ないためにリストから除外されている。

3) バーゼル条約

(1) 目的および現況

有害廃棄物の越境移動およびその処分の規制に関するバーゼル条約は、1989年に116カ国によって承認され、1992年5月5日に発行されているが、その時点で20カ国が条約に批准あるいは締約している。それ以来、締約国の数は徐々に増え続けている。2000年1月4日に時点で、この条約の締約国は134カ国であり、日本はアジア・太平洋地域32カ国の一つとなっている。

年間全世界で産出される40,000万トンの廃棄物が、その有毒性、有害性、爆発性、腐食性、引火性、環境毒性、および感染性のゆえに、人々および環境に有害であるが、この条約は、そこから引き起こされる諸問題に対する国際社会の対応である。この国際的環境条約は、有害な廃棄物の越境移動を厳重に規制し、そのような廃棄物が環境上適正な管理かつ処分されることを確保する義務を、その締約国に与えるものである。バーゼル条約の中心となる原則は以下である。

- ・有害廃棄物の越境移動は、その環境上適正な管理をもって、最小限に抑えられるべきである。
- ・有害廃棄物はできる限り発生源付近で処理かつ処分されなければならない。
- ・有害廃棄物の排出はその発生源において削減かつ最小限に抑えられなければならない。

これらの原則を実現するために、この条約は、有害廃棄物の越境移動の規制、不法な輸送の監視および防止、環境上適正な管理に関する援助の提供、この分野での関係国間の協力の促進、および有害廃棄物管理に関する技術的ガイドラインの開発を目的としている。

1998年2月、締約国会議（COP）がマレーシアのクチンで開催され、マニュアルを採択している。このマニュアルは、バーゼル条約の調和的解釈およびその規制システムを提供するため、またその規制システムの実施を円滑にするために準備されたものである。有害廃棄物およびその他の廃棄物の越境移動に関係する人々によって使用されることを目的としている。しかし、このマニュアルはバーゼル条約の文書を支援する単なる解説文書として考えられている点に注意が必要である。このマニュアルは、どのような仕方であれ、バーゼル条約文書あるいは他の国際法規に取って代わるものではない。バーゼル条約が変更されつつある法律文書であることも捕捉しておかねばならない。それゆえに、このマニュアルも定期的な修正が求められるだろう。

(2) 有害廃棄物等の環境上適正な取扱い

環境上適正な管理という概念はバーゼル条約の実施に際しての中心となるものであり、有害廃棄物およびその他の廃棄物によって生じる有害な影響からヒトの健康および環境を保護する仕方、廃棄物が管理されることを確保するために、あらゆる実際的手段を講じることであると定義されている。この概念は、本条約の実施という状況では、さらに詳細になっており、発生から最終処分までの有害廃棄物の管理のあらゆる側面を含んでいる。これはまた、輸出国、通過国および輸入国の環境および人の健康に関する共同責任をも含めて、そのような廃棄物の越境移動を考慮するものである（Jugault 1999）。

環境上適正な管理を評価するためのクライテリアには以下のものが含まれる。

- (a) 適用される規制の遵守を確保する法規が整備され、それが執行されていること。
- (b) 場所あるいは施設が認可されたものであり、有害廃棄物を処理する際の技術および汚染防止に関する適切な基準を持つこと。
- (c) 有害廃棄物が管理される場所および施設の作業には、これらの行為の影響をモニタリングすることが求められていること。
- (d) モニタリングによって、有害廃棄物の管理が結果として許容以上の排出を生じてい

たことが判明した場合には措置が講じられること。

(e) 有害物質の管理に関わる者は能力を持ち、十分な訓練を受けていること。

バーゼル条約の技術作業部会は、環境上適正な管理という概念を発展させる際の拠り所とすべき一連の相互に関係する原則を定義している。それらは以下である（Jugault 1999）。

- (a) 発生源削減の原則－これに基づき、廃棄物の発生をその量および汚染を引き起こす可能性に関して最小限度とする。これは適切な施設およびプロセス設計を用いることによって達成されるだろう。
- (b) 総合的ライフサイクルの原則－これによって、物質および製品は、その発生、使用、回収、および処分を通じて引き起こされる環境への影響を最小限度とするよう設計され管理される。
- (c) 予防の原則－この原則のために、物質、廃棄物、あるいはエネルギーの環境中への放出がヒトの健康あるいは環境に害をおよぼす可能性があると信ずるに足る、またはたとえ限定されているにせよ、科学的根拠が存在する場合には、活動および非活動の際の費用および利益を考慮に入れつつ、予防措置が取られる。
- (d) 総合的汚染防止の原則－有害廃棄物の管理が、環境媒体間および多くの環境媒体の相乗作用の可能性を考慮に入れた戦略に基づくことを求めるものである。
- (e) 基準化の原則－有害廃棄物の加工、処理、処分および回収のすべての段階において、環境上適正な管理に関する基準の提供が求められている。
- (f) 廃棄物国内処理の原則（(g) および (h) とともに考慮される）－これに基づいて、各国領土外での一部の廃棄物の環境上適正な管理もまた環境上適正であるかもしれないことも認識しつつ、各国は発生した廃棄物の自国の領土内での処分が、国内で環境上適正な管理に適合する方法によって行なわれることを確保しなければならない。
- (g) 近接処分の原則（(f) および (h) とともに考慮される）－これに基づいて、一部の廃棄物の経済的および環境的に適正な管理が発生地点からより遠距離に位置する専門施設で実現されることを認識しつつ、有害廃棄物の処分をできる限りそれらの発生源付近で行なわなければならない。

- (h) 最小限度の越境移動原則（(f) および (g) とともに考慮される）－これに基づいて、有害廃棄物の越境移動は、効率と環境上適正な管理が最小限両立するまでに削減されなければならない。
 - (i) 汚染者負担の原則－これに基づいて、潜在的汚染者は汚染を予防するための措置を講じ、汚染を引き起こした者は汚染の結果生じた状態を修復するための費用を払わなければならない。
 - (j) 主権の原則－この原則の下では、すべての国が、自国の廃棄物管理機構を確立するに際して政治的、社会的および経済的条件を考慮に入れることになる。たとえば、各国は自国の国内環境法規に基づいて、自国領土内への有害廃棄物の輸入を禁止することができる。
 - (k) 公共関与の原則－この原則の下では、あらゆる段階において、一般社会との協議を通じて廃棄物管理の選択肢が適切なものとして検討されること、および一般社会が有害廃棄物の管理に関する情報にアクセスすることが確保されなければならない。
- これらの原則の多くは、関係性およびバランスを考慮した上で検討されなければならない。

(3) バーゼル条約のもとでの POPs 関連諸問題

第1番目のそしてもっとも重要な点は、バーゼル条約が、その条約に署名したすべての国々を法的に拘束する手段であるということである。バーゼル条約は、国内レベルと同様に国際レベルでの有害廃棄物の移動および処分を管理する法の新しい基準、規則、および手続きを表わすものである。このような意味において、この手段は、この地球環境問題を各国が共同で解決したいという国際社会の意図を反映するものである。有害廃棄物の越境移動の監視および制御のための規制システムが確立されており、それは本条約の全文において示されている。

バーゼル条約の各締約国は、本条約の下でのすべての義務に拘束されている。バーゼル条約に締約する国は、本条約の要求を実施するための国内法規を持っていないと認められる場合、それゆえに、バーゼル条約の締約国の国内司法権の適用を受ける者で有害廃棄物あるいはその他の廃棄物の越境移動に関与する者は、廃棄物の越境移動およびその処分に適用