

り排ガスや焼却残渣中のPCDDs/DFs同族体分布に対して、燃烧条件の違いによる変化が見受けられた。また、Run11では、一次燃烧炉出口排ガスと焼却残渣のPCDDs/DFs同族体分布の形状が互いに類似していた。

図 2-2-4 に排ガスと焼却残渣中のPCBs同族体分布を示す。PCBsについては、PCDDs/DFsに見られたような燃烧条件の違いによる同族体分布の特徴的な変化は見られなかった。各Runの排ガスや焼却残渣の多くで、高塩素化物より低塩素化物の割合が大きい傾向が見受けられた。

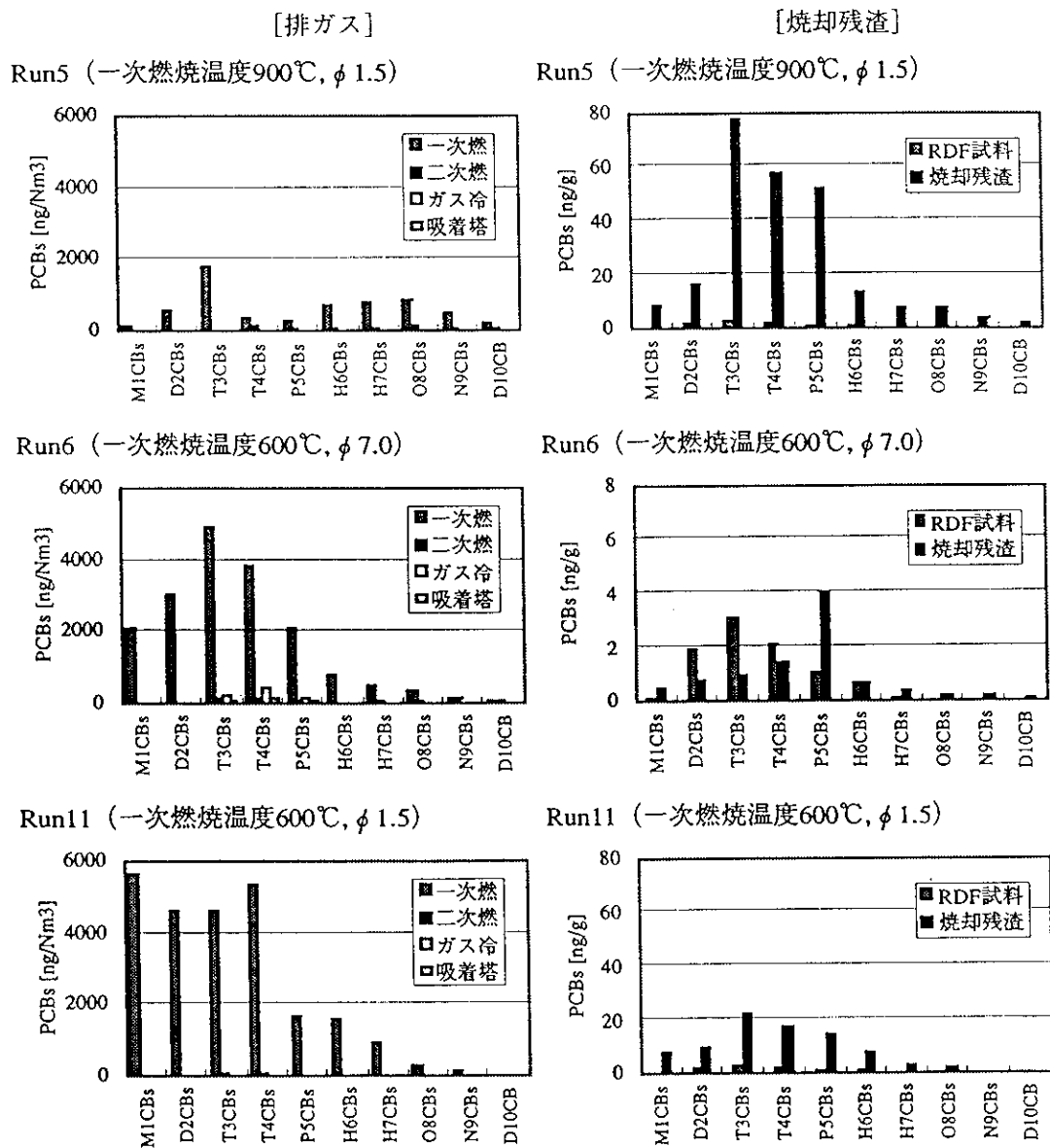


図 2-2-4 排ガス、焼却残渣中のPCBs同族体分布

## 2) PCDDs/DFs排出係数

ここでは、本研究において小型焼却炉を想定してH10年度に実施した燃烧実験（Run2,Run4,Run6,Run9,Run10）に対して、小型焼却炉出口に相当すると考えられる一次燃烧炉出口の排ガスにおけるPCDDs/DFs発生係数と焼却残渣におけるPCDDs/DFs排出係数を表 2-2-5 に示す。Run6のみ投入試料中に重金属を混入した条件で、それ以外のRun2、Run4、Run9、Run10は投入試料中に重金属試料を混入していない条件である。

表 2-2-5 では実際の都市ごみから採取したRDF試料（表 2-2-5 のS1、S1b）をベースにPVC等を添加してCl濃度を調整しているが、投入Cl濃度の範囲（0.26～0.69%）はあまり広くない。そこで、（財）廃棄物研究財団のH11年度の「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」で、廃テレビの試料（ケーシング材+プリント基板）にPVC等を添加し、投入Cl濃度1.7%で、同じ実験装置を使用して燃烧温度600℃にて同じように燃烧実験を行ったデータを追加して解析することにする。この廃TV+PVCの燃烧実験のデータを表 2-2-6 に示す。

表 2-2-5 排ガス、焼却残渣におけるPCDDs/DFs排出（発生）係数  
（一次燃烧温度600℃,空気比7.0）

	投入試料	投入試料中 全Cl濃度	排ガス (一次燃烧炉出口)	焼却残渣
		%	ngTEQ/ごみkg	ngTEQ/ごみkg
Run9	S1b	0.26	4.8	5.2
Run2	S1	0.43	230	14
Run10	S1b+S2	0.52	13	1.3
Run4	S1+S2	0.69	1,000	19
Run6	S1+S2+S3	0.67	5,100	32

(※) S1 ; RDF試料（紙類、木、竹、わら、厨芥類）  
S1b ; 低Cl-RDF試料（紙類、木、竹、わら）  
S2 ; プラスチック試料（PVC、PVDC）  
S3 ; 重金属試料（Fe、Cu）

表 2-2-6 排ガスにおけるPCDDs/DFs発生係数  
(燃焼試料；廃TV+PVC)

投入試料	一次燃焼条件	投入Cl濃度	排ガス (一次燃焼炉出口)
		%	ngTEQ/ごみkg
廃TV+PVC	温度600℃,空気比1.5	1.7	10,000
	温度600℃,空気比7.0	1.7	46,000

この表 2-2-5 と表 2-2-6 のデータをまとめて、投入Cl濃度と一次燃焼炉出口排ガスにおけるPCDDs/DFs発生係数の関係について図 2-2-5 に示す。これによると、一次燃焼炉出口排ガスにおいて、投入Cl濃度と排ガスにおけるPCDDs/DFs発生係数の関係について相関が認められた。

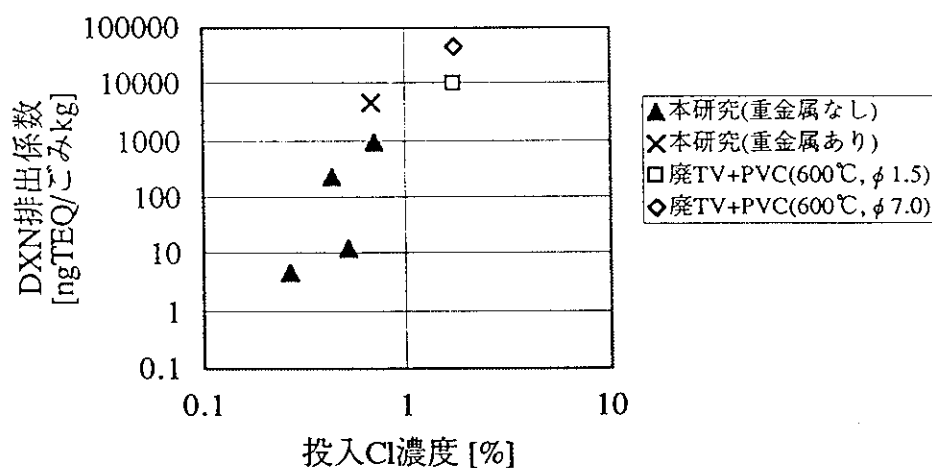


図 2-2-5 投入Cl濃度と排ガスにおけるPCDDs/DFs発生係数の関係

さらに本研究では、廃ガス処理過程まで排ガスの一連のデータを取得しており、この排ガスフローに沿って投入Cl濃度とPCDDs/DFs排出（発生）係数の関係を図 2-2-6 に示す。これから、廃ガス処理によりPCDDs/DFs排出係数が大きく低減され、活性炭吸着塔出口では投入Cl濃度との明確な関係は見られなかった。

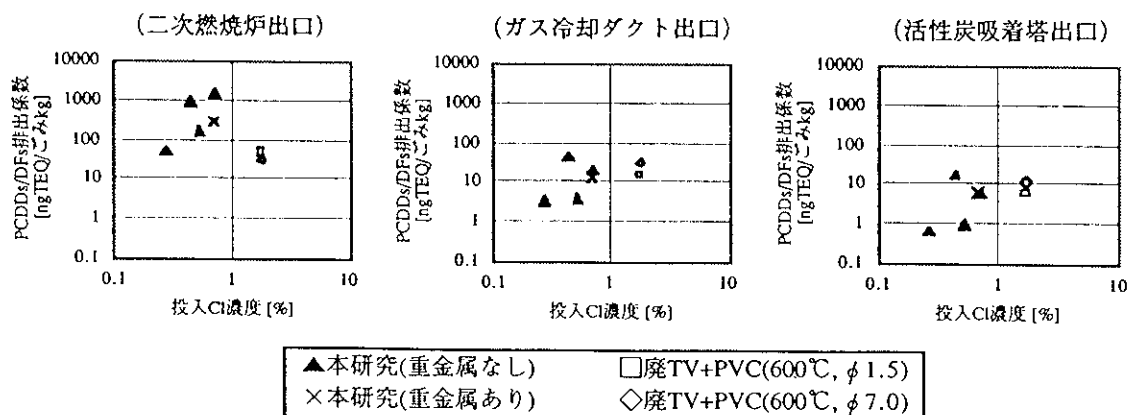


図 2-2-6 排ガスフローにおける投入Cl濃度とPCDDs/DFs排出係数の関係

つぎに、野焼きを模擬して小型焼却炉等を使用して燃焼実験を行った他の研究例との比較を行う。Ikeguchiら<sup>1)</sup>は農業系など重金属を混入していない8種類の廃棄物を、燃焼空気が自由に流入する小型焼却炉内で自然させることにより、野焼きを模擬した燃焼実験を実施し、焼却炉出口でPCDDs/DFsを調査している。このPCDDs/DFsの排出係数を表 2-2-7 に示す。

表 2-2-7 PCDDs/DFs排出係数 (Ikeguchiら<sup>1)</sup>)

実験試料	実験試料中Cl濃度 (%)	排出係数 (排ガス)
Agricultural plastics (PVC)	47.1	6,554.1
Electric wire tube	20.3	1,032.6
Scrap tire	0.14	220.9
Wood (construction waste)	NA	91.6
Rice husk	0.13	67.4
Wood (demolition waste)	NA	26.5
Bundles of straw	0.12	20.2
Tree, Leaves	0.20	4.6

単位 (ngTEQ/ごみkg)

投入Cl濃度と排ガスにおけるPCDDs/DFs排出係数の関係について、本研究(一次燃焼炉出口排ガス)とIkeguchiら<sup>1)</sup>の研究のデータを図 2-2-7 にまとめ

て示す。Ikeguchiら<sup>1)</sup>の研究では投入Cl濃度がNA~47.1(%)と本研究より幅広い実験試料を対象に調査している。Ikeguchiら<sup>1)</sup>の研究においても、廃ガス処理設備を持たない小型焼却炉において、投入Cl濃度と排ガスにおけるPCDDs/DFs排出係数の関係について相関が認められる。

なお、図 2-2-7 において、図中×,□,◇では投入試料中に重金属試料を混入しており、この重金属の影響を受け、幾分かはPCDDs/DFs排出係数が高くなっていることも事実であると考えられる。

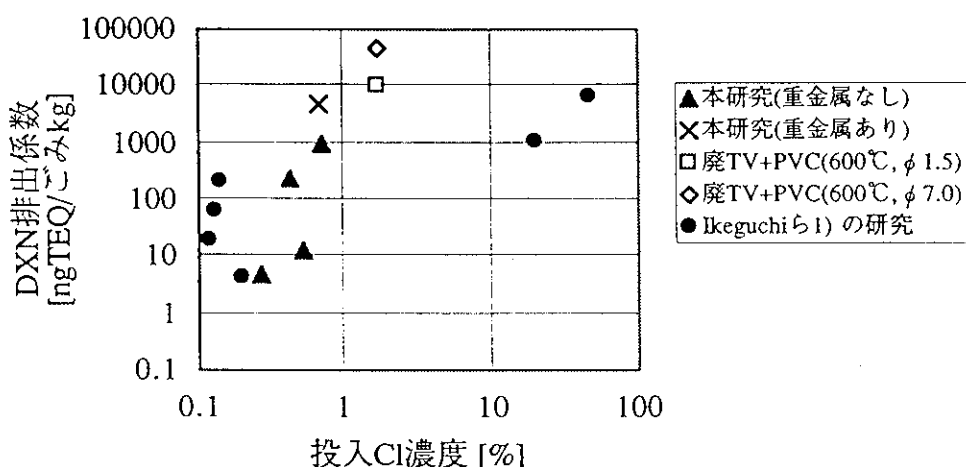


図 2-2-7 投入Cl濃度と排ガスにおけるPCDDs/DFs発生係数の関係

また、Lemieuxら<sup>2)</sup>は一般的な家庭ごみ (Non-recycler) と、そこからリサイクル可能物 (紙類、PET、厨芥など) を取り除いたごみ (Recycler) の2種類の試料を使用して野焼きを模擬した燃焼実験を実施し、排ガスと焼却残渣におけるPCDDs/DFs排出係数を整理している。これを表 2-2-8 に示す。また、Gullettら<sup>3)</sup>は家庭ごみの典型的な組成に基づいた人工ごみを基本組成試料 (PVC濃度0.2%) とし、基本組成をベースにPVC濃度を0%、1.0%、7.5%と調整した試料と合わせて4種類の試料に対して野焼きを模擬した燃焼実験を実施し、排ガスにおけるPCDDs/DFs排出係数を整理している。これを表 2-2-9 に示す。なお、Lemieuxら<sup>2)</sup>、Gullettら<sup>3)</sup>とも排出係数を、焼失した重量当た

りの排出量 (ngTEQ/kg-burned) で定義されており、しかも Gullett ら<sup>3)</sup>の報告書には焼失重量に関する記述がないので、Lemieux ら<sup>2)</sup>の焼失率 (57.6%) を使用して、投入試料当たりの排出量 (ngTEQ/ごみkg) を算出した。

表 2-2-8 PCDDs/DFs 排出係数 (Lemieux ら<sup>2)</sup>)

実験試料	排出係数	
	排ガス	焼却残渣
Non-recycler (PVC0.2%)	70	330
Recycler (PVC4.5%)	1,600	890

単位 (ngTEQ/ごみkg)

表 2-2-9 PCDDs/DFs 排出係数 (Gullett ら<sup>3)</sup>)

実験試料	排出係数 (排ガス)
PVC 0%	8.1
PVC0.2% (基本組成)	46
PVC1.0%	120
PVC7.5%	2,800

単位 (ngTEQ/ごみkg)

Lemieux ら<sup>2)</sup>、Gullett ら<sup>3)</sup>によると、排ガスにおける PCDDs/DFs 排出係数は 8.1 ~ 2,800 [ngTEQ/ごみkg] であり、投入試料中の PVC 濃度に比例している。これに対して、本研究では一次燃焼炉出口排ガスにおける PCDDs/DFs 排出係数が 4.8 ~ 5,000 [ngTEQ/ごみkg] であり、Lemieux ら<sup>2)</sup>、Gullett ら<sup>3)</sup>の報告とオーダー的に一致している。

一方、焼却残渣における PCDDs/DFs 排出係数について、本研究では 1.3 ~ 32 [ngTEQ/ごみkg] であるのに対し、Lemieux ら<sup>2)</sup>によると 330 ~ 890 [ngTEQ/ごみkg] であり、本研究の方が 1 ~ 2 オーダー小さい値となった。本研究では、一次燃焼空気を実験試料の投入位置近傍で炉内に強制的に吹き込んだため、現実の野焼きの状態より積極的な空気の供給により、部分的に燃焼状態のいい領域が存在した可能性が考えられる。

## 2. 6 まとめ

焼却能力 1 ~ 2 kg/hrのラボスケール炉の実験装置を使用し、実際の都市ごみ試料で燃焼実験を実施し、ごみ組成や一次燃焼条件によるPCDDs/DFsの挙動等について調査した。一次燃焼条件（燃焼温度600℃,空気比1.5）では実験試料が十分に焼却されず、燃焼条件として適切でないと考えられた。小型焼却炉を想定した一次燃焼条件（温度600℃,空気比7.0）での実験に対して、PCDDs/DFs排出係数にて整理し、また野焼きを模擬して小型焼却炉等を使用して燃焼実験を行った他の研究例との比較を行ったところ、以下の知見が得られた。

- (1)本研究で小型焼却炉出口に相当すると考えられる一次燃焼炉出口において、投入Cl濃度と排ガスにおけるPCDDs/DFs排出係数との関係について相関が認められた。廃ガス処理によりPCDDs/DFs排出係数が大きく低減され、活性炭吸着塔出口では投入Cl濃度との明確な関係は見られなかった。
- (2)野焼きを模擬したIkeguchiら<sup>1)</sup>の研究においても、小型焼却炉を使用した燃焼実験において投入Cl濃度と排ガスにおけるPCDDs/DFs排出係数の関係に相関が見られた。
- (3)本研究で小型焼却炉出口に相当すると考えられる一次燃焼炉出口排ガスにおけるPCDDs/DFs排出係数について、野焼きを模擬したLemieuxら<sup>2)</sup>、Gullettら<sup>3)</sup>の研究とオーダーが一致した。
- (4)本研究の焼却残渣におけるPCDDs/DFs排出係数について、野焼きを模擬したGullettら<sup>3)</sup>の研究と比較して1~2オーダー小さく、本研究では実際の野焼きよりも燃焼状態が良かった可能性が考えられた。

## 参考文献)

- 1)T.Ikeguchi and M.Tanaka; Experimental study on dioxins emission from open burning simulation of selected wastes; Organohalogen Compounds, vol.41, 507-509(1999)
- 2)Paul M.Lemieux; Evaluation of Emissions from the Open Burning of Household Waste in Barrels; EPA/600/SR-97/134
- 3)Brian K.Gullett, Paul M.Lemieux, Christopher C.Lutes, Chris K.Winterrowd, Dwain L.Winters; PCDD/F emissions from uncontrolled, domestic waste burning; Organohalogen Compounds, vol.41, 27-30(1999)

表 2-2-10 排ガスの分析結果

Run No. 一次燃焼条件	Run 5 燃焼温度900℃、空気比1.5				Run 6 燃焼温度600℃、空気比7.0				Run 11 燃焼温度600℃、空気比1.5					
	分析項目	単位	一次燃	二次燃	ガス冷	吸着塔	一次燃	二次燃	ガス冷	吸着塔	一次燃	二次燃	ガス冷	吸着塔
排ガス量 (湿り)	Nm <sup>3</sup> /hr	(14.09)	(18.20)	(18.20)	(18.20)	(18.20)	(40.7)	38	38	(40.7)	(15.8)	(20.4)	(20.4)	(20.4)
排ガス量 (乾き)	Nm <sup>3</sup> /hr	(12.06)	(16.17)	(16.17)	(16.17)	(16.17)	(39.3)	36	36	(39.3)	(13.5)	(18.1)	(18.1)	(18.1)
水分	%	13.3	12.8	12.0	11.0	11.0	5.1	4.6	5.5	4.7	13.3	12.8	12.0	11.0
ガス組成 CO <sub>2</sub>	%	8.5	6.3	5.8	5.6	5.6	3.0	2.4	2.4	1.9	8.0	7.5	7.4	6.3
O <sub>2</sub>	%	9.1	11.0	11.4	11.5	11.5	17.6	18.3	18.3	18.8	12.2	12.7	12.8	13.9
N <sub>2</sub>	%	82.4	82.7	82.8	82.9	82.9	79.4	79.3	79.3	79.3	79.8	79.8	79.8	79.8
HCl濃度	ppm	200	210	180	25	25	310	250	210	35	19	5.4	-	1.7
Cl <sub>2</sub> 濃度	mg/Nm <sup>3</sup>	ND<0.71	ND<0.92	ND<0.96	ND<0.94	ND<0.94	ND<3.3	6.8	ND<4.5	ND<4.7	ND<0.98	ND<0.95	-	ND<1.2
SO <sub>x</sub> 濃度	ppm	34	28	24	1.5	1.5	37	24	9.4	ND<5	4.5	ND<0.95	-	ND<1.2
ダスト濃度	g/Nm <sup>3</sup>	0.82	0.19	0.23	0.044	0.044	0.61	0.12	0.12	0.018	0.43	0.085	0.051	0.0039
PCDD/DFs	ng/Nm <sup>3</sup>	29,000	7,200	9.7	11	11	22,000	4,200	100	69	16,000	330	7.2	2.4
(毒性等量) *1	ngTEQ/Nm <sup>3</sup>	310	64	0.27	0.14	0.14	480	36	1.8	0.94	220	5.5	0.15	0.042
Co-PCBs *2	ng/Nm <sup>3</sup>	650	43	7.1	3.7	3.7	1,300	40	36	12	1,600	26	3.9	0.83
(毒性等量)	ngTEQ/Nm <sup>3</sup>	8.0	0.29	0.00092	0.00044	0.00044	29	0.24	0.081	0.054	22	0.38	0.00052	0.000083
PCBs	ng/Nm <sup>3</sup>	6,400	510	93	62	62	18,000	600	780	230	25,000	170	70	31

(※) O<sub>2</sub>=12%換算値

\*1.毒性等価係数は、I-TEF(WHO-IPCS,1988)を適用

\*2.WHO/IPCS-TEFs(1997)

( ): 計算値



表 2-2-11 焼却残渣の分析結果

Run No.	Run 5	Run 6	Run 11
一次燃焼条件	燃焼温度900℃, φ 1.5	燃焼温度600℃, φ 7.0	燃焼温度600℃, φ 1.5
分析項目	焼却残渣	焼却残渣	焼却残渣
	単位		
灰分	87.2	95.4	34.3
C	2.1	1.5	26.8
H	0.8	0.6	1.3
N	0.01	0.02	0.56
O	9.5	1.79	35.64
燃焼性硫黄	ND<0.01	0.04	ND<0.01
全硫黄	0.38	0.23	0.14
揮発性塩素	0.40	0.65	1.04
全塩素	0.71	1.22	1.4
熱灼減量	4.1	4.1	30.7
PCDD/DFs	320	18	210
(毒性等量) *1	ngTEQ/g	0.30	3.4
Co-PCBs *2	13	0.91	18
(毒性等量)	ngTEQ/g	0.013	0.33
PCBs	250	9.1	85
Pb	22	320	570
Cd	ND<10	ND<10	ND<10
Fe	210,000	78,000	23,000
Cu	9,900	9,500	3,700
Sb	26	ND<10	140
Mn	370	590	160

\*1.毒性等価係数は、I-TEF(WHO-IPCS,1988)を適用

\*2.WHO/IPCS-TEFs(1997)

表 2-2-12 実験試料、焼却残渣のPCDDs/DFs分析結果

単位 (ng/g)

	実験試料 (RDF試料)				焼却残渣					
	Run 5		Run 6		Run 5		Run 6		Run 11	
	実測値	TEQ	実測値	TEQ	実測値	TEQ	実測値	TEQ	実測値	TEQ
2,3,7,8-T4CDD	ND	0	0.38	0.38	0.008	0.0081	0.19	0.19		
T4CDDs	0.026	—	17	—	1.3	—	9.4	—		
1,2,3,7,8-P5CDD	0.007	0.0033	1.2	0.58	0.054	0.027	0.30	0.15		
P5CDDs	0.058	—	17	—	1.7	—	5.9	—		
1,2,3,4,7,8-H6CDD	ND	0	1.1	0.11	0.075	0.0075	0.29	0.029		
1,2,3,6,7,8-H6CDD	0.017	0.0017	1.5	0.15	0.13	0.013	0.37	0.037		
1,2,3,7,8,9-H6CDD	0.015	0.0015	1.4	0.14	0.094	0.0094	0.42	0.042		
H6CDDs	0.14	—	19	—	2.1	—	8.6	—		
1,2,3,4,6,7,8-H7CDD	0.15	0.0015	10	0.10	0.90	0.0090	1.8	0.018		
H7CDDs	0.30	—	19	—	1.9	—	3.7	—		
O8CDD	2.0	0.0020	19	0.019	1.2	0.0012	1.0	0.0010		
total PCDDs	2.5	0.010	91	1.5	8.2	0.075	29	0.47		
2,3,7,8-T4CDF	0.012	0.0012	3.1	0.31	0.059	0.0059	3.2	0.32		
T4CDFs	0.11	—	50	—	1.8	—	92	—		
1,2,3,7,8-P5CDF	0.011	0.00053	5.5	0.27	0.16	0.0078	3.1	0.16		
2,3,4,7,8-P5CDF	0.0090	0.0045	5.0	2.5	0.20	0.099	2.8	1.4		
P5CDFs	0.14	—	48	—	2.1	—	45	—		
1,2,3,4,7,8-H6CDF	0.013	0.0013	7.7	0.77	0.30	0.030	2.9	0.29		
1,2,3,6,7,8-H6CDF	0.025	0.0025	6.6	0.66	0.22	0.022	2.5	0.25		
1,2,3,7,8,9-H6CDF	ND	0	1.3	0.13	0.049	0.0049	0.31	0.031		
2,3,4,6,7,8-H6CDF	0.020	0.0020	5.7	0.57	0.36	0.036	3.6	0.36		
H6CDFs	0.18	—	53	—	2.3	—	30	—		
1,2,3,4,6,7,8-H7CDF	0.064	0.00064	36	0.36	1.1	0.011	4.6	0.046		
1,2,3,4,7,8,9-H7CDF	0.011	0.00011	3.7	0.037	0.18	0.0018	0.71	0.0071		
H7CDFs	0.13	—	52	—	2.0	—	7.6	—		
O8CDF	0.072	0.000072	23	0.023	1.1	0.0011	1.3	0.0013		
total PCDFs	0.63	0.013	230	5.6	9.3	0.22	180	2.9		
total PCDDs/DFs	3.1	0.023	320	7.1	18	0.30	210	3.4		

(※) 毒性等価係数は、I-TEF(WHO/PCS,1988)を適用

表 2-2-13 実験試料、焼却残渣のCo-PCBs、PCBs分析結果

単位 (ng/g)

	実験試料 (RDF試料)		焼却残渣					
	Run 5		Run 6		Run 11			
	実測値	TEQ	実測値	TEQ	実測値	TEQ		
Non-ortho Co-PCB								
3,4,4',5'-T4CB	ND	0	1.3	0.00013	0.084	0.0000084	0.77	0.000077
3,3',4,4'-T4CB	0.070	0.0000070	1.7	0.00017	0.14	0.000014	7.7	0.00077
3,3',4,4',5'-P5CB	ND	0	1.7	0.17	0.12	0.012	3.2	0.32
3,3',4,4',5',5'-H6CB	ND	0	1.0	0.010	0.064	0.00064	0.85	0.0085
total Non-ortho Co-PCB	0.070	0.0000070	5.7	0.18	0.41	0.013	13	0.33
Mono-ortho Co-PCB								
2,3,4,4',5'-P5CB	ND	0	0.32	0.00032	0.020	0.000020	0.14	0.000014
2,3',4,4',5'-P5CB	0.12	0.000012	1.4	0.00014	0.15	0.000015	0.78	0.000078
2,3,4,4',5'-P5CB	ND	0	0.92	0.00046	ND	0	0.31	0.00016
2,3,3',4,4'-P5CB	0.079	0.0000079	1.0	0.00010	0.14	0.000014	1.2	0.00012
2,3',4,4',5',5'-H6CB	ND	0	0.61	0.000061	0.019	0.0000019	0.32	0.0000032
2,3,3',4,4',5'-H6CB	ND	0	1.1	0.00055	0.072	0.000036	0.88	0.00044
2,3,3',4,4',5'-H6CB	ND	0	0.45	0.00023	0.033	0.000017	0.45	0.00023
2,3,3',4,4',5',5'-H7CB	ND	0	1.3	0.00013	0.065	0.0000065	0.40	0.000040
total Mono-ortho Co-PCB	0.20	0.000020	7.1	0.0016	0.50	0.000091	4.5	0.0011
total Co-PCBs *1	0.27	0.000027	13	0.18	0.91	0.013	18	0.33
Di-ortho Co-PCB								
2,2',3,4,4',5',5'-H7CB	0.040	-	0.98	-	0.055	-	0.32	-
2,2',3,3',4,4',5'-H7CB	ND	-	1.3	-	0.10	-	0.50	-
total Di-ortho Co-PCB	0.040	-	2.3	-	0.16	-	0.82	-
PCBs								
M1CBs	0.089	-	8.5	-	0.49	-	7.7	-
D2CBs	1.9	-	16	-	0.78	-	9.2	-
T3CBs	3.1	-	78	-	0.90	-	22	-
T4CBs	2.1	-	58	-	1.5	-	18	-
P5CBs	1.1	-	52	-	4.0	-	15	-
H6CBs	0.70	-	14	-	0.68	-	7.6	-
H7CBs	0.11	-	7.8	-	0.35	-	3.3	-
O8CBs	ND	-	7.4	-	0.19	-	2.1	-
N9CBs	ND	-	3.6	-	0.17	-	0.3	-
D10CB	ND	-	2.4	-	0.063	-	0.076	-
total PCBs	9.1	-	250	-	9.1	-	85	-

\*1. WHO/IPCS-TEFs(1997)

表 2-2-14 排ガスのPCDDs/DFs分析結果  
(Run5；一次燃焼温度900℃, φ 1.5)

単位 (ng/Nm<sup>3</sup>)

		Run 5							
		一次燃出口		二次燃出口		ガス冷出口		吸着塔出口	
		換算値	TEQ	換算値	TEQ	換算値	TEQ	換算値	TEQ
ダイ オキ シン	2,3,7,8-T4CDD	1.9	1.9	0.17	0.17	ND	0	ND	0
	T4CDDs	52	—	6.7	—	0.16	—	0.090	—
	1,2,3,7,8-P5CDD	18	8.9	1.5	0.74	ND	0	0.012	0.0059
	P5CDDs	190	—	25	—	0.19	—	0.20	—
	1,2,3,4,7,8-H6CDD	40	4.0	4.5	0.45	ND	0	ND	0
	1,2,3,6,7,8-H6CDD	56	5.6	14	1.4	0.023	0.0023	0.056	0.0056
	1,2,3,7,8,9-H6CDD	46	4.6	7.2	0.72	ND	0	0.028	0.0028
	H6CDDs	610	—	120	—	0.27	—	0.67	—
	1,2,3,4,6,7,8-H7CDD	780	7.8	250	2.5	0.15	0.0015	0.52	0.0052
	H7CDDs	1,400	—	470	—	0.30	—	1.0	—
	O8CDD	1,700	1.7	560	0.56	0.22	0.0002	0.71	0.0007
total PCDDs	4,000	34	1,200	6.5	1.1	0.0040	2.7	0.020	
ジ ベン ゾ フ ラン	2,3,7,8-T4CDF	9.6	0.96	1.8	0.18	0.27	0.027	0.016	0.0016
	T4CDFs	1,600	—	110	—	2.0	—	0.65	—
	1,2,3,7,8-P5CDF	78	3.9	11	0.55	0.33	0.016	0.057	0.0028
	2,3,4,7,8-P5CDF	110	56	25	12	0.21	0.11	0.067	0.034
	P5CDFs	2,300	—	320	—	1.9	—	1.1	—
	1,2,3,4,7,8-H6CDF	320	32	50	5.0	0.52	0.052	0.15	0.015
	1,2,3,6,7,8-H6CDF	330	33	53	5.3	0.23	0.023	0.13	0.013
	1,2,3,7,8,9-H6CDF	120	12	36	3.6	0.051	0.0051	0.074	0.0074
	2,3,4,6,7,8-H6CDF	850	85	180	18	0.22	0.022	0.35	0.035
	H6CDFs	4,900	—	900	—	2.0	—	2.0	—
	1,2,3,4,6,7,8-H7CDF	4,000	40	730	7.3	1.4	0.014	1.0	0.010
	1,2,3,4,7,8,9-H7CDF	1,200	12	420	4.2	0.13	0.0013	0.39	0.0039
	H7CDFs	9,300	—	2,400	—	2.0	—	2.7	—
	O8CDF	7,300	7.3	2,300	2.3	0.75	0.0008	1.8	0.0018
total PCDFs	25,000	280	6,000	58	8.6	0.27	8.2	0.12	
total PCDDs/DFs	29,000	310	7,200	64	9.7	0.27	11	0.14	

(※) 換算値：O<sub>2</sub>=12%換算値

毒性等価係数は、I-TEF(WHO/IPCS,1988)を適用

表 2-2-15 排ガスのPCDDs/DFs分析結果  
(Run6；一次燃焼温度600℃, φ 7.0)

単位 (ng/Nm<sup>3</sup>)

		Run 6							
		一次燃出口		二次燃出口		ガス冷出口		吸着塔出口	
		換算値	TEQ	換算値	TEQ	換算値	TEQ	換算値	TEQ
ダイオキシン	2,3,7,8-T4CDD	13	13	0.052	0.052	0.061	0.061	ND	0
	T4CDDs	470	—	1.5	—	1.6	—	0.40	—
	1,2,3,7,8-P5CDD	92	46	0.35	0.18	0.19	0.094	0.064	0.032
	P5CDDs	970	—	4.5	—	2.2	—	0.72	—
	1,2,3,4,7,8-H6CDD	120	12	1.3	0.13	0.25	0.025	0.16	0.016
	1,2,3,6,7,8-H6CDD	120	12	2.5	0.25	0.30	0.030	0.18	0.018
	1,2,3,7,8,9-H6CDD	110	11	1.7	0.17	0.25	0.025	0.16	0.016
	H6CDDs	1,400	—	26	—	4.1	—	2.1	—
	1,2,3,4,6,7,8-H7CDD	570	5.7	47	0.47	2.3	0.023	1.8	0.018
	H7CDDs	1,100	—	95	—	4.6	—	3.7	—
	O8CDD	480	0.48	200	0.20	4.4	0.0044	4.0	0.0040
	total PCDDs	4,400	100	330	1.5	17	0.26	11	0.10
ジベンゾフラン	2,3,7,8-T4CDF	62	6.2	0.32	0.032	0.36	0.036	0.058	0.0058
	T4CDFs	4,200	—	44	—	12	—	4.7	—
	1,2,3,7,8-P5CDF	280	14	3.4	0.17	0.74	0.037	0.24	0.012
	2,3,4,7,8-P5CDF	340	170	8.8	4.4	1.1	0.54	0.49	0.25
	P5CDFs	5,000	—	170	—	15	—	8.1	—
	1,2,3,4,7,8-H6CDF	510	51	30	3.0	1.8	0.18	0.96	0.096
	1,2,3,6,7,8-H6CDF	400	40	23	2.3	1.6	0.16	0.89	0.089
	1,2,3,7,8,9-H6CDF	74	7.4	23	2.3	0.54	0.054	0.33	0.033
	2,3,4,6,7,8-H6CDF	700	70	140	14	3.9	0.39	2.5	0.25
	H6CDFs	5,200	—	550	—	21	—	14	—
	1,2,3,4,6,7,8-H7CDF	1,800	18	340	3.4	9.8	0.098	6.9	0.069
	1,2,3,4,7,8,9-H7CDF	270	2.7	210	2.1	2.8	0.028	2.0	0.020
	H7CDFs	3,100	—	1,200	—	23	—	17	—
	O8CDF	810	0.81	1,900	1.9	16	0.016	14	0.014
total PCDFs	18,000	380	3,900	34	87	1.5	58	0.84	
total PCDDs/DFs	22,000	480	4,200	36	100	1.8	69	0.94	

(※) 換算値：O<sub>2</sub>=12%換算値

毒性等価係数は、I-TEF(WHO/IPCS,1988)を適用

表 2-2-16 排ガスのPCDDs/DFs分析結果  
(Run11；一次燃焼温度600℃, φ 1.5)

単位 (ng/Nm<sup>3</sup>)

		Run11							
		一次燃出口		二次燃出口		ガス冷出口		吸着塔出口	
		換算値	TEQ	換算値	TEQ	換算値	TEQ	換算値	TEQ
ダイ オキ シン	2,3,7,8-T4CDD	12	12	0.17	0.17	ND	0	ND	0
	T4CDDs	960	—	11	—	0.40	—	0.11	—
	1,2,3,7,8-P5CDD	46	23	1.1	0.57	ND	0	0.017	0.0087
	P5CDDs	1,100	—	22	—	0.27	—	0.20	—
	1,2,3,4,7,8-H6CDD	54	5.4	1.4	0.14	ND	0	ND	0
	1,2,3,6,7,8-H6CDD	76	7.6	2.5	0.25	0.031	0.0031	ND	0
	1,2,3,7,8,9-H6CDD	59	5.9	1.8	0.18	ND	0	ND	0
	H6CDDs	1,400	—	35	—	0.40	—	0.22	—
	1,2,3,4,6,7,8-H7CDD	390	3.9	15	0.15	0.089	0.00089	0.11	0.0011
	H7CDDs	790	—	30	—	0.19	—	0.23	—
	O8CDD	270	0.27	16	0.016	0.083	0.000083	0.094	0.000094
total PCDDs	4,500	58	110	1.5	1.3	0.0041	0.85	0.0099	
ジ ベン ソ フ ラン	2,3,7,8-T4CDF	68	6.8	1.2	0.12	0.21	0.021	0.018	0.0018
	T4CDFs	4,600	—	64	—	2.2	—	0.47	—
	1,2,3,7,8-P5CDF	150	7.5	3.4	0.17	0.18	0.0091	0.027	0.0013
	2,3,4,7,8-P5CDF	130	65	3.6	1.8	0.12	0.059	0.027	0.014
	P5CDFs	2,300	—	57	—	1.4	—	0.40	—
	1,2,3,4,7,8-H6CDF	210	21	5.7	0.57	0.25	0.025	0.045	0.0045
	1,2,3,6,7,8-H6CDF	170	17	4.3	0.43	0.13	0.013	0.041	0.0041
	1,2,3,7,8,9-H6CDF	32	3.2	0.70	0.070	ND	0	ND	0
	2,3,4,6,7,8-H6CDF	270	27	6.4	0.64	0.13	0.013	0.054	0.0054
	H6CDFs	2,300	—	64	—	1.4	—	0.37	—
	1,2,3,4,6,7,8-H7CDF	720	7.2	18	0.18	0.47	0.0047	0.11	0.0011
	1,2,3,4,7,8,9-H7CDF	91	0.91	2.3	0.023	0.042	0.00042	ND	0
	H7CDFs	1,100	—	30	—	0.68	—	0.15	—
	O8CDF	230	0.23	8.1	0.0081	0.25	0.00025	0.077	0.000077
total PCDFs	11,000	160	220	4.0	5.9	0.15	1.5	0.032	
total PCDDs/DFs	16,000	220	330	5.5	7.2	0.15	2.4	0.042	

(※) 換算値：O<sub>2</sub>=12%換算値

毒性等価係数は、I-TEF(WHO/IPCS,1988)を適用

表 2-2-17 排ガスのCo-PCBs、PCBs分析結果  
(Run5；一次燃焼温度900℃, φ 1.5)

単位 (ng/Nm<sup>3</sup>)

		Run 5							
		一次燃出口		二次燃出口		ガス冷出口		吸着塔出口	
		換算値	TEQ	換算値	TEQ	換算値	TEQ	換算値	TEQ
Non-ortho Co-PCB									
	3,4,4',5'-T4CB	16	0.0016	0.84	0.000084	0.30	0.000030	ND	0
	3,3',4,4'-T4CB	37	0.0037	3.8	0.00038	0.83	0.000083	0.60	0.000060
	3,3',4,4',5'-P5CB	72	7.2	2.6	0.26	ND	0	ND	0
	3,3',4,4',5,5'-H6CB	67	0.67	2.0	0.020	ND	0	ND	0
	total Non-ortho Co-PCB	190	7.9	9.2	0.28	1.1	0.00011	0.60	0.000060
Mono-ortho Co-PCB									
	2',3,4,4',5'-P5CB	3.0	0.00030	0.41	0.000041	0.15	0.000015	ND	0
	2,3',4,4',5'-P5CB	24	0.0024	6.3	0.00063	2.5	0.00025	1.4	0.00014
	2,3,4,4',5'-P5CB	5.2	0.0026	0.81	0.00041	ND	0	ND	0
	2,3,3',4,4'-P5CB	48	0.0048	9.0	0.00090	1.5	0.00015	1.2	0.00012
	2,3',4,4',5,5'-H6CB	130	0.0013	1.3	0.000013	0.73	0.0000073	0.14	0.0000014
	2,3,3',4,4',5'-H6CB	71	0.036	5.3	0.0027	0.50	0.00025	0.22	0.00011
	2,3,3',4,4',5'-H6CB	45	0.023	3.6	0.0018	0.19	0.000095	ND	0
	2,3,3',4,4',5,5'-H7CB	130	0.013	7.0	0.00070	0.42	0.000042	0.11	0.000011
	total Mono-ortho Co-PCB	460	0.082	34	0.0072	6.0	0.00081	3.1	0.00038
	total Co-PCBs *1	650	8.0	43	0.29	7.1	0.00092	3.7	0.00044
Di-ortho Co-PCB									
	2,2',3,4,4',5,5'-H7CB	32	—	2.7	—	1.6	—	0.21	—
	2,2',3,3',4,4',5'-H7CB	430	—	25	—	0.58	—	0.32	—
	total Di-ortho Co-PCB	460	—	28	—	2.2	—	0.53	—
PCBs	M1CBs	200	—	5.9	—	6.6	—	0.41	—
	D2CBs	600	—	7.4	—	8.2	—	2.0	—
	T3CBs	1,800	—	27	—	11	—	9.7	—
	T4CBs	370	—	97	—	22	—	24	—
	P5CBs	260	—	63	—	26	—	16	—
	H6CBs	730	—	39	—	12	—	9.7	—
	H7CBs	830	—	54	—	2.8	—	0.64	—
	O8CBs	850	—	99	—	2.7	—	ND	—
	N9CBs	530	—	73	—	1.6	—	ND	—
D10CB	250	—	43	—	0.56	—	ND	—	
	total PCBs	6,400	—	510	—	93	—	62	—

(※) 換算値：O<sub>2</sub>=12%換算値

\*1.WHO/IPCS-TEFs(1997)

表 2-2-18 排ガスのCo-PCBs、PCBs分析結果  
(Run6；一次燃焼温度600℃, φ 7.0)

単位 (ng/Nm<sup>3</sup>)

		Run 6							
		一次燃出口		二次燃出口		ガス冷出口		吸着塔出口	
		換算値	TEQ	換算値	TEQ	換算値	TEQ	換算値	TEQ
Non-ortho Co-PCB									
	3,4,4',5-T4CB	67	0.0067	0.60	0.000060	1.1	0.00011	ND	0
	3,3',4,4'-T4CB	310	0.031	3.7	0.00037	7.0	0.00070	2.0	0.00020
	3,3',4,4',5-P5CB	280	28	2.2	0.22	0.77	0.077	0.53	0.053
	3,3',4,4',5,5'-H6CB	110	1.1	1.7	0.017	ND	0	ND	0
	total Non-ortho Co-PCB	770	29	8.2	0.24	8.9	0.078	2.5	0.053
Mono-ortho Co-PCB									
	2',3,4,4',5-P5CB	27	0.0027	0.45	0.000045	0.74	0.000074	ND	0
	2,3',4,4',5-P5CB	71	0.0071	8.0	0.00080	13	0.0013	4.6	0.00046
	2,3,4,4',5-P5CB	22	0.011	0.78	0.00039	1.3	0.00065	0.40	0.00020
	2,3,3',4,4'-P5CB	140	0.014	7.7	0.00077	10	0.0010	3.8	0.00038
	2,3',4,4',5,5'-H6CB	26	0.00026	3.6	0.000036	0.44	0.000044	ND	0
	2,3,3',4,4',5-H6CB	120	0.060	3.6	0.0018	0.79	0.00040	0.47	0.00024
	2,3,3',4,4',5'-H6CB	66	0.033	2.3	0.0012	ND	0	ND	0
	2,3,3',4,4',5,5'-H7CB	91	0.0091	5.8	0.00058	0.52	0.000052	ND	0
	total Mono-ortho Co-PCB	560	0.14	32	0.0056	27	0.0035	9.3	0.0012
total Co-PCBs *1		1,300	29	40	0.24	36	0.081	12	0.054
Di-ortho Co-PCB									
	2,2',3,4,4',5,5'-H7CB	29	—	2.2	—	1.0	—	0.43	—
	2,2',3,3',4,4',5-H7CB	180	—	15	—	1.9	—	1.2	—
	total Di-ortho Co-PCB	210	—	17	—	2.9	—	1.6	—
PCBs	M1CBs	2,100	—	2.2	—	8.0	—	1.3	—
	D2CBs	3,000	—	10	—	19	—	6.3	—
	T3CBs	4,900	—	90	—	210	—	53	—
	T4CBs	3,800	—	190	—	390	—	110	—
	P5CBs	2,100	—	73	—	120	—	45	—
	H6CBs	830	—	28	—	15	—	7.1	—
	H7CBs	510	—	34	—	4.3	—	1.6	—
	O8CBs	340	—	50	—	3.2	—	1.0	—
	N9CBs	130	—	90	—	3.7	—	0.79	—
	D10CB	41	—	37	—	2.5	—	0.41	—
total PCBs		18,000	—	600	—	780	—	230	—

(※) 換算値：O2=12%換算値

\*1.WHO/IPCS-TEFs(1997)



表 2-2-19 排ガスのCo-PCBs、PCBs分析結果  
(Run11；一次燃焼温度600℃, φ 1.5)

単位 (ng/Nm<sup>3</sup>)

		Run11							
		一次燃出口		二次燃出口		ガス冷出口		吸着塔出口	
		換算値	TEQ	換算値	TEQ	換算値	TEQ	換算値	TEQ
Non-ortho Co-PCB									
	3,4,4',5'-T4CB	290	0.029	1.2	0.00012	0.22	0.000022	ND	0
	3,3',4,4'-T4CB	300	0.030	4.1	0.00041	0.39	0.000039	0.25	0.000025
	3,3',4,4',5'-P5CB	200	20	3.6	0.36	ND	0	ND	0
	3,3',4,4',5,5'-H6CB	160	1.6	1.8	0.018	ND	0	ND	0
	total Non-ortho Co-PCB	950	22	11	0.38	0.61	0.000061	0.25	0.000025
Mono-ortho Co-PCB									
	2',3,4,4',5'-P5CB	21	0.0021	0.37	0.000037	ND	0	ND	0
	2,3',4,4',5'-P5CB	88	0.0088	1.9	0.00019	1.8	0.00018	0.33	0.000033
	2,3,4,4',5'-P5CB	110	0.055	0.72	0.00036	0.18	0.000090	ND	0
	2,3,3',4,4'-P5CB	120	0.012	3.2	0.00032	0.53	0.000053	0.25	0.000025
	2,3',4,4',5,5'-H6CB	34	0.00034	0.61	0.000061	0.39	0.000039	ND	0
	2,3,3',4,4',5'-H6CB	130	0.065	2.9	0.0015	0.24	0.00012	ND	0
	2,3,3',4,4',5'-H6CB	52	0.026	2.1	0.0011	ND	0	ND	0
	2,3,3',4,4',5,5'-H7CB	91	0.0091	2.7	0.00027	0.15	0.000015	ND	0
	total Mono-ortho Co-PCB	650	0.18	15	0.0037	3.3	0.00046	0.58	0.000058
	total Co-PCBs *1	1,600	22	26	0.38	3.9	0.00052	0.83	0.000083
Di-ortho Co-PCB									
	2,2',3,4,4',5,5'-H7CB	100	—	0.72	—	0.89	—	ND	—
	2,2',3,3',4,4',5'-H7CB	88	—	2.7	—	0.17	—	ND	—
	total Di-ortho Co-PCB	190	—	3.4	—	1.1	—	ND	—
PCBs	M1CBs	5,600	—	19	—	11	—	2.1	—
	D2CBs	4,600	—	25	—	12	—	2.3	—
	T3CBs	4,600	—	29	—	11	—	7.1	—
	T4CBs	5,300	—	33	—	13	—	15	—
	P5CBs	1,700	—	21	—	16	—	3.9	—
	H6CBs	1,600	—	16	—	3.1	—	0.55	—
	H7CBs	930	—	12	—	1.5	—	ND	—
	O8CBs	280	—	11	—	0.97	—	ND	—
	N9CBs	110	—	4.6	—	1.1	—	ND	—
	D10CB	21	—	1.5	—	0.43	—	ND	—
	total PCBs	25,000	—	170	—	70	—	31	—

(※) 換算値：O<sub>2</sub>=12%換算値

\*1.WHO/IPCS-TEFs(1997)

### 3 R D F 燃焼時におけるダイオキシン類の挙動調査

#### 3. 1 調査目的

容器包装リサイクル法では、平成12年度から紙製容器包装を対象として分別収集、再商品化を実施することとしている。紙製容器包装については、紙等の原材料としての再商品化を優先的に実施することとしているが、段ボール以外のものについては、紙へのリサイクルが繰り返された古紙を原料とするものが中心で、全量を紙等の原材料として再商品化することが困難である。このため、紙製の容器包装を固形化等により燃料とし、得られた燃料を利用して熱・エネルギー回収を行うことを検討している。

燃料利用に際しては、燃焼に伴うダイオキシン類の発生について評価し、必要に応じて対策を実施することが重要となる。

そこで、本調査により、実際の固形燃料（厨芥を含まないもの）を利用している施設においてダイオキシン類の発生等の状況を把握し、今後の検討の基礎資料とするものである。

#### 3. 2 調査方法

本調査は、R D F を燃料としているボイラ施設（2カ所）及び小型焼却炉において、同一工場で製造された固形燃料で燃焼試験を行いダイオキシン類の発生等の状況を調査した。平均的なR D F の性状と分析値を表2-3-1～表2-3-2に示す。

表2-3-1 R D F の性状

原 料	形 状	嵩比重	発熱量
木 約50% 紙 約40% 廃プラ 約10%	ペレット状 40φ 長さ 100mm	0.45～0.55	4,000～5,000kcal/kg

表2-3-2 R D F 分析値

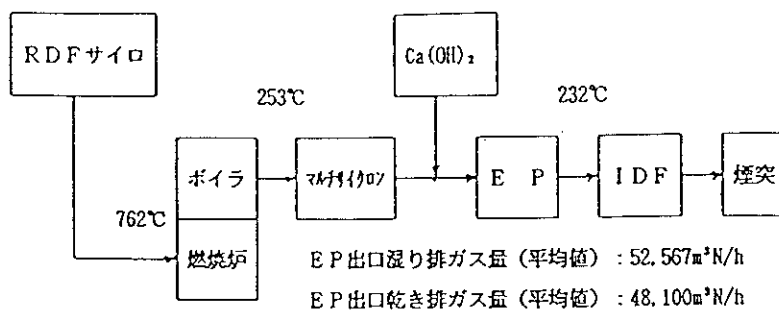
元素分析値 (wet base) %					水 分 %	灰 分 %	可燃分 %
炭 素	水 素	窒 素	全塩素	全硫黄			
43.7	6.1	0.2	0.3	0.05	6.3	5.0	88.7

燃焼試験を行った施設の概要を表2-3-3に、プラントフローを図2-3-1に示す。

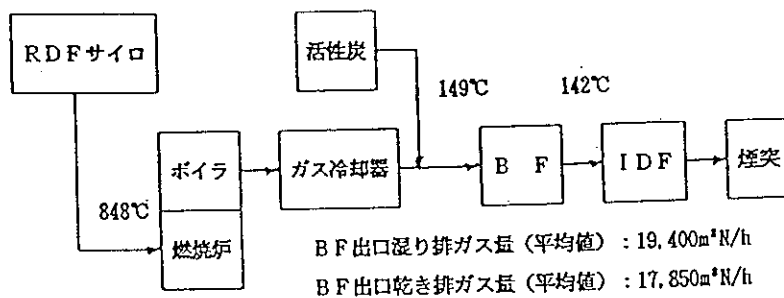
表2-3-3 燃焼設備の概要

	A施設	B施設	C施設
炉形式	全連続炉	全連続炉	バッチ炉
燃焼装置型式	火格子方式	ストーカー式	固定床
ボイラ形式	水管式コナチューブ	煙管式	—
RDF燃焼量	6.3t/h	40t/d	98kg/h
排ガス処理設備	マルチサイロ+E P (消石灰吹込)	バグフィルター (活性炭吹込)	—

(A施設)



(B施設)



(C施設)

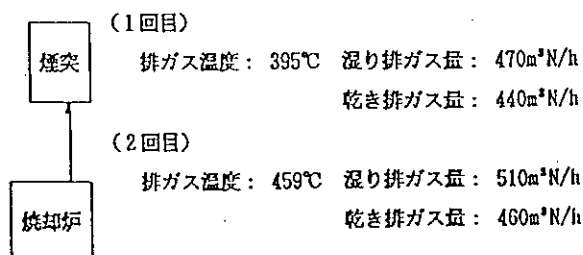


図2-3-1 各施設の概略フロー図

### 3. 3 調査結果

燃焼試験はそれぞれ次の日に実施した。

A施設 平成11年3月24日～3月25日

B施設 平成11年6月 4日

C施設 平成11年6月 3日

試験結果の概要を表2-3-4に示す（詳細な結果は表2-3-5～表2-3-7をダイオキシン等の異性体組成は参考資料参照）。

表2-3-4 燃焼試験結果

			A施設	B施設	C施設
RDF処理量 t/h			4.310	1.508	0.0425
排ガス量 (dry) Nm <sup>3</sup> /h			48,100	17,850	450
ダイオキシン類	排ガス中	範囲 ng-TEQ/m <sup>3</sup> N	0.83 ~1.5	0.0053~0.011	32~58
		平均値 ng-TEQ/m <sup>3</sup> N	1.21	0.00815	45
	生成量 μg-TEQ/RDF t	13.50	0.096	476.5	
	灰中 ng-TEQ/g	0.0020	0.0015	0.035	
	飛灰中 ng-TEQ/g	9.2	0.61	—	
Co   P C B	排ガス中 ng-TEQ/m <sup>3</sup> N	0.0080~0.015	0.000027 ~0.000037	0.91~0.76	
	灰中 ng-TEQ/g	0.0000021	0.000024	0.0014	
	飛灰中 ng-TEQ/g	0.095	0.0052	—	

注) 排ガス中濃度はO<sub>2</sub>12%換算値