

ごみ焼却炉における塩化水素濃度と PCDDs PCDFs 生成量の関係について

Relation between the Concentration of HCl and the Generating Amounts of PCDDs and PCDFs in the Refuse Incinerator

花井 義道*・加藤 龍夫*

Yoshimichi HANAI* and Tatsuo KATOU*

Synopsis

Since polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and polychlorinated dibenzofurans (PCDFs) were noted as the serious pollutants produced from refuse incinerators, the countermeasure became an urgent problem. As a step of the studies, the relations between the concentration of HCl and the generating amounts of PCDDs and PCDFs were examined on the refuse incinerator. The concentration of HCl was controlled by the burning amounts of PVC products, PCDDs and PCDFs in the fly ashes and exhaust gases were analyzed by GC/MS. The tendency was recognized that concentrations of 4~7 PCDDs and 4~6 PCDFs were not depended on the concentration of HCl, but O₈CDD, H₇CDF and O₈CDF were remarkably increased by HCl. These results were considered that each PCDDs and PCDFs were produced from dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran by chlorinations.

1. はじめに

都市ごみ焼却場の煙道排ガスと飛灰（フライアッシュ）に4~8塩素化ダイオキシン（PCDDs）および4~8塩素化ジベンゾフラン（PCDFs）が含まれていることをオランダの Olie らが1977年に報告¹⁾して以来、各国で研究が進み、わが国でも1983年、愛媛大の立川涼教授らによって、各地のごみ焼却場の飛灰および残渣が分析され、最も毒性の強い2,3,7,8-TCDDを含むPCDDsとPCDFsの測定結果が発表された²⁾。PCDDs、PCDFsは、いずれも焼却炉内の化学反応によって生成される物質であり、したがって、抑制技術を確認するには、その反応条件と生成量の関係を知る必要がある。塩素の供給源としては、塩化ビニル製品廃棄物（以下塩ビ製品）が重要であると考え、ごみ中からあらかじめ分別して用意した塩ビ製品を改めて、ごみ中に投入して焼却させ、この時の塩化水素濃度と

灰中のPCDDs、PCDFsの関係について調べてみた。また排ガス中の揮発成分についても測定し、反応系の手がかりを得ることにした。

2. 分析方法

2.1. 灰

PCDDs、PCDFsの分析方法に関しては、すでに数多くの方法が発表されている³⁾。いずれも複雑な操作を含み、1検体当たり長時間の分析時間を要する。ここでは、多数のデータから全体的な傾向を把握することを主眼とし、分析時間を出来るだけ短縮させることにした。異性体の完全な分離は困難であり、かつ汚染防止対策には必ずしもその必要性がないため、充てんカラムを用い、各塩素数異性体の総量を測定することにした。分析方法は以下のとおりである。

乾燥した灰試料 20 g を、円筒ろ紙（ガラス繊維）に入れ、トルエン 100 ml で、ソクスレー抽出器で6時間抽出した。得られた抽出液を、ソクスレー抽出器で約 10 ml、さらに試験管内で窒素ガスによって 1 ml まで濃縮し、分析に供する。GC/MS は島津 LKB-9000 を用い、SIM 法で PCDDs、PCDFs および塩

* 横浜国立大学 環境科学研究センター 環境基礎工学研究室
Department of Environmental Engineering Science, Institute of Environmental Science and Technology, Yokohama National University

素化ベンゼン類等を、適当な質量数で定量した。カラムは Silicone OV-101 2%, Chromosorb W HP 100 ~120 mesh, ガラス製 3.4 mmφ×0.5 m を用いた。カラム温度は各成分の保持時間が3分以内となるように設定した。導入口は 350°C, セパレーター 310~330°C, イオン源 350°C, イオン化電圧 20 eV, トラップ電流 60 μA とした。

PCDDs と PCDFs の標準試料は、ジベンゾ-p-ジオキシンとジベンゾフランの純品、それぞれ数 mg を 5 ml の四塩化炭素に加え、これに塩素を通気して、溶解させ、さらに触媒として鉄片を加え、一定時間反応させた後、GC/MS で定性し、GC-FID で既知濃度のジベンゾフランから検定したものを、適当に希釈して、これを標準として用いた。PCDDs と PCDFs の FID に対する相対モル感度は、ジベンゾフランと同じであると仮定した。炭化水素の相対モル感度は炭素数に比例し、塩素化しても感度の変動はほとんどないためである。

2.2. 排ガス

排ガス中の揮発成分測定用には 3 l のデドラバッグを採取容器とした。PCDDs 等高沸点成分用には、ガラス管 (6 mmφ×25 cm) に Chromosorb W AW 60~80 mesh を 10 cm と、活性炭 30~60 mesh (ソクスレー抽出器を用いてトルエンで洗浄し、乾燥させたもの) を 2 cm 充てんし、両端をガラスウールで栓をして、300°C に加熱し、N₂ キャリアーでエイジングした捕集管を用いた。この捕集管の Chromosorb 側を、排ガス採取口に接続し、真空ポンプによって一

定量の試料を吸引した。排ガス中の水蒸気は、捕集管で水となるため、空気吸引量は室温に相当する値である。捕集管は 5 本用意して、2~5 時間、70~170 l の排ガスを吸引した。採取後、灰と同じくソクスレー抽出器で、まず Chromosorb への吸着成分を抽出し、次に活性炭を円筒ろ紙に加えて抽出を続けた。以後の操作、分析条件は灰の場合と同じである。

揮発成分の分析は、いずれもガスクロマトグラフによる。GC/MS で定性し、SIM, FID, TCD で定量した。

塩化水素濃度は焼却炉に付属した連続測定機の値を用いた。

3. 結果

3.1. 処理場別および灰別の比較

まず、A~H 8ヶ所の都市ごみ処理場の灰を分析し、処理場と灰別に濃度を比較した。その結果を表 1 に示す。電気集じん機で集められた灰 (EP 灰) は、焼却残渣に比べ、PCDDs, PCDFs の濃度ははるかに高かった。EP 灰について、処理場別に比較すると、A は、4~6 の PCDDs が低かったが、H₇CDF が高くなる場合があった。B と C は、4~6 の PCDDs が高いが、PCDFs はそれ程高くなかった。D は、7 と 8 の PCDDs と、H₇CDF が高かった。E は、全体的に高く、特に O₈CDD が極端に高かった。F と G は、全体的に高く、特に 7 と 8 の PCDDs, 6 と 7 の PCDFs が高かった。H は 4~6 の PCDDs, 4~7 の PCDFs が高かった。以上は、処理場の運転条件と、

表 1 処理場別および

試料 No.		PCDDs					
		T ₄ CDD	P ₃ CDD	H ₆ CDD	H ₇ CDD	O ₈ CDD	
A-1	↑	0.3	1.2	4.0	4.7	13	
A-2		1.3	6.1	33	33	80	
B-1		15	50	170	60	100	
B-2		25	71	180	30	40	
C-1	EP 灰	44	91	130	25	40	
D-1		9.8	24	79	260	1070	
E-1		26	51	120	270	2900	
F-1		11	34	100	150	560	
G-1		20	48	80	130	250	
H-1		↓	74	120	180	100	230
E-2		焼却残渣	0.5	1.4	4.2	10	15
F-2			<3.0	<4.0	<2.0	<10	21
G-2	<3.0		<4.0	<2.0	<10	<10	
H-2	↓		3.0	4.7	2.9	<10	<10

ごみ質を無視した大まかな比較である。

3.2. 塩化水素濃度と灰中の PCDDs, PCDFs 濃度関係

A 処理場に於て、通常の運転をしている炉へ、ごみ中からあらかじめ分別して用意した塩ビ製品を塩化水素濃度計を見ながら改めてごみ中に投入して焼却させ、灰に含まれる PCDDs, PCDFs の濃度の関係を調べた。焼却炉の排ガスは、冷却塔、電機集じん機を通して煙突から排出される。焼却炉の運転条件を表 2 に、測定結果を表 3 に示す。HCl 濃度は塩ビ製品を投入する前は 200 ppm 程度であるが、単位時間当りの投入量に比例して、ほぼ直線的に増加した。

冷却塔灰中の濃度は、検出限界以下が多かったため EP 灰について、HCl 濃度と、PCDDs 濃度の関係を図 1 に、PCDFs との関係を図 2 に示す。

T₄CDD~H₇CDD と T₄CDF~H₈CDF は、HCl 濃度に依存せず、ほぼ一定のレベルを示している。しかし、O₈CDD と H₇CDF は、HCl 濃度が 400 ppm 以上になってから急激に増加した。O₈CDF についても、HCl 濃度とともに、増加する傾向が認められた。

3.3. 排ガス測定結果

A 処理場に於て、排ガスと EP 灰を分析し、それぞれの PCDDs, PCDFs, クロルベンゼン類濃度を比較した。排ガスについては揮発成分についても分析した。この時の運転条件を表 4 に、EP 灰および排ガスの測定結果を表 5 に、排ガス揮発成分測定結果を表 6 に示す。排ガスは、EP 出口と煙突入口の 2 ケ所で採取した。排ガス中の高沸点成分は、すべてガス状ではなく、電機集じん機で集められなかった、より微細な灰およびミスト等に吸着した分も含む。高沸点成分

表 2 ごみ焼却炉運転条件 ① 1984. 4. 19~4. 20

日 時	ごみ量 ton/H	空気量 Nm ³ /H		炉内温度 °C	排ガス温度 °C			O ₂ 濃度 %	HCl 濃度 ppm	灰試料 No.	
		一 次	二 次		冷却塔	EP 入口	EP 出口			EP	冷却塔
19 日 15:50	1.82	5400	2000	645	380	345	285	12.5	200~220	①	⑪
17:50	2.34	5400	2300	680	380	345	295	13.0	280~320	②	⑫
19:50	2.36	5400	2300	710	375	350	295	13.5	500~600	③	⑬
21:30	1.69	5400	2400	770	380	340	295	15.5	700~800	④	⑭
20 日 12:50	0.95	5000	2800	710	380	340	290	16.5	180~200	⑤	⑮
15:50	1.70	5200	2500	640	400	360	295	12.0	300~400	⑥	⑯
17:50	1.76	5000	2600	655	385	350	295	14.0	550~650	⑦	⑰

灰別濃度の比較

ng/g (dry)

PCDFs					DCB	TCB	DF	Py+F1
T ₄ CDF	P ₅ CDF	H ₈ CDF	H ₇ CDF	O ₈ CDF				
2.6	9.2	22	93	3.9				
19	85	190	1050	57				
20	50	125	135	14				
30	43	93	57	3.7				
25	40		23	3.5				
21	81	210	1080	21				
87	130	190	400	150	440	180	100	210
65	82	220	310	47	80	78	18	18
68	81	180	230	30	26	120	5.7	3.5
180	220	350	350	37	93	190	33	18
4.0	3.4	4.2	8.0	<20	220	14	23	110
<5.0	<4.0	<8.0	<20	<20	75	<0.5	21	100
<5.0	<4.0	<8.0	<20	<20	32	<0.5	15	90
<5.0	<4.0	<8.0	<20	<20	65	8.0	37	270

DCB ジクロルベンゼン, TCB トリクロルベンゼン, DF ジベンゾフラン, Py+F1 ピレン+フルオランテン

表 3 灰中の PCDDs, PCDFs 濃度

試料 No.		PCDDs				
		T ₄ CDD	P ₅ CDD	H ₆ CDD	H ₇ CDD	O ₈ CDD
①	↑	4.6	13	24	26	23
②		6.6	15	41	58	51
③		2.5	7.6	27	58	130
④	EP 灰	2.2	6.7	32	61	480
⑤		0.7	3.9	17	15	95
⑥		1.8	6.0	11	19	81
⑦	↓	2.1	8.7	26	47	160
⑪	↑	—	—	—	—	—
⑫		—	—	—	—	—
⑬		—	—	0.6	1.7	2.5
⑭	冷却塔灰	—	—	—	—	—
⑮		—	—	—	—	—
⑯		—	—	—	—	—
⑰	↓	—	—	—	—	—
検出限界	—<0.5	—<0.8	—<0.5	—<1.0	—<1.0	—<1.0

表 4 ごみ焼却炉運転条件 ② 1984. 10. 8

時刻	空気量 Nm ³ /H		炉内温度 °C		排ガス温度 °C			O ₂ %	排ガス高沸点成分		EP 灰 試料 No.
	1次	2次	ベッド上	出口	冷却塔	EP 入口	EP 出口		EP 出口	煙突入口	
16:00	5800	1000	605	700	335	330	275	11.8	↑ No. 1	↑	②
11:00			705	775	320	320	275				
12:00			720	815	335	335	275		↓ No. 2		②
13:00			695	780	330	330	280				
14:00	5500	1500	675	730	330	320	280	11.5	↑ No. 3	↓	③
15:00			715	715	340	340	285				
16:00			705	805	330	330	285		↓ No. 4		④
17:00			685	785	335	335	280				
18:00	5500	1700	695	795	330	330	280	13.0	↑ No. 5		⑤
19:00			715	805	330	330	285				
20:00			900	880	390	390	290		↓		⑥
21:00			770	750	360	360	290				

は、No. 1, 3, 5 は EP 出口, No. 2, 4 は煙突入口で採取したが場所による相違は認められなかった。塩ビ製品は 19:00 から 2 時間投入したため、No. 4 と No. 5 と、EP 灰 ⑤~⑦ で塩ビ燃焼による影響が認められる。新たに定量したクロルベンゼン類についてみると、4~6 のクロルベンゼンが多量に含まれていることがわかった。排ガスと EP 灰の濃度を比較すると、PCDDs, PCDFs, クロルベンゼン類いずれについても、塩素置換数の少ない方が、相対的に排ガス中の比率は高かった。表 5 以外の排ガス中の GC/MS 検出成分は、ジメチルナフタリン、ピフェニル、ピフェニ

レン、アセナフチレン、クロルアセナフチレン、アントラセン、フェナントレン、ジフェニルアセチレン、メチルフェナントレンである。

排ガスの揮発成分は、EP 出口で 1 時間おきに (18:00 を除く) 採取した試料を分析した。調査中の 20:00 頃、供給機のトラブルから、一時的な過負荷現象を起こし、炉は不完全燃焼状態を示した。そのため、20:00 のみ極めて高い値が測定されている。炭化水素では、メタン、アセチレン、エチレン、ベンゼンの濃度が著しく高かった。その他に、エタンプロピレン、1,3-ブタジエン、1-ブテン-3-イン、トルエン、フ

1984. 4. 19~4. 20

単位 ng/g (dry)

PCDFs								
T ₄ CDF	P ₅ CDF	H ₆ CDF	H ₇ CDF	O ₈ CDF	DCB	TCB	DF	Py+Fl
60	57	190	100	10	85	100	9.1	110
61	110	210	300	46	31	76	9.1	130
42	75	210	350	82	17	40	3.4	15
23	54	220	530	160	27	23	2.5	5.2
11	31	96	260	62	160	55	14	10
15	33	110	180	35	9.0	27	1.4	4.0
24	65	190	380	67	26	63	2.6	7.1
—	—	—	0.8	—	2.1	—	4.2	27
—	—	—	0.5	—	23	3.0	2.4	27
2.1	—	2.3	4.0	—	6.8	4.0	5.2	59
—	—	—	1.2	—	4.1	1.2	1.4	8.0
—	—	—	1.3	—	21	1.2	4.0	65
—	—	—	1.2	—	31	1.9	1.8	32
—	—	—	1.2	—	9.1	2.2	1.9	2.1
—<1.0	—<1.0	—<1.2		—<2.0		—<0.5		

DCB ジクロロベンゼン, TCB トリクロロベンゼン, DF ジベンゾフラン, Py+Fl ピレン+フルオランテン

ェニルアセチレン, スチレン, インデン, ナフタリンを定量した。塩素化合物では, クロルアセチレン, ジクロルアセチレンを, シアン化合物としてクロルシアン, プロピンニトリル, ベンゾニトリルを, 硫黄化合物として二硫化炭素を検出し, 定量した。

4. 考 察

4.1. 塩化水素濃度と PCDDs, PCDFs 生成量の関係について

EP 灰中の PCDDs, PCDFs 濃度は焼却炉の生成量と比例関係にあると推定できる。これは, 炉をほぼ定常で運転し, 灰の排出量が一定であった事, 排ガス中の濃度と EP 灰中濃度の比を決定する要因となる電気集じん機の温度が, ほぼ一定であった事による。

今回, 観察された HCl 濃度と, 灰中の PCDDs 濃度との関係については, 次の様な説明が可能である。

PCDDs の塩素化は, 塩素数の小さい方から段階的に進行すると仮定する。ここで塩素数 n の PCDD を D_n とし, その濃度を $[D_n]$ とする。 $n=0$ に相当するジベンゾ-p-ジオキシンの濃度を $[D_0]$ とする。塩素化に関与する, 系内の塩素ラジカル濃度を $[Cl]$ とする。また, 熱分解と酸化による減少は無視すると, D_n の生成速度は,

$$\begin{cases} \frac{d}{dt}[D_1] = k_0[D_0][Cl] - k_1[D_1][Cl] \\ \frac{d}{dt}[D_n] = k_{n-1}[D_{n-1}][Cl] - k_n[D_n][Cl] \\ \frac{d}{dt}[D_8] = k_7[D_7][Cl] \end{cases} \dots\dots (1)$$

となる。 Cl は常に捕給され, その濃度は十分高く, $k_1 \sim k_7$ の速度定数は大きいとし, 定常状態を仮定すれば,

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}[D_n] &= 0 \\ [D_n] &= \frac{k_{n-1}}{k_n}[D_{n-1}] \\ &= \frac{k_0}{k_n}[D_0] \quad (n \leq 7) \end{aligned} \dots\dots (2)$$

また, $[D_8]$ は,

$$\begin{aligned} [D_8] &= \int k_7[D_7][Cl]dt \\ &= k_0[D_0][Cl]t \end{aligned} \dots\dots (3)$$

となる。ここで t は反応時間を示す。

焼却炉での PCDDs の生成量は, 排ガス量が一定であれば, $[D_n]$ に比例すると考えられる。

また, Cl は塩素化合物の熱分解によって供給される。したがって $[Cl]$ は, 塩素水素濃度 $[HCl]$ と同じく, 単位時間当りの塩素化合物の燃焼量に比例すると考えられる。すなわち, $[Cl]$ と $[HCl]$ は比例する。 $[Cl]$ を測定することはできないので $[HCl]$ で (1)~

表 5 EP 灰および排ガス 測定結果

試料 No.		PCDD _s					PCDF	
		T ₄ CDD	P ₅ CDD	H ₆ CDD	H ₇ CDD	O ₈ CDD	T ₄ CDF	P ₅ CDF
㉑	EP 灰 ng/g (dry)	19	47	40	90	32	100	120
㉒		8.6	26	23	66	38	72	89
㉓		5.9	25	21	95	37	55	84
㉔		4.5	11	14	50	10	34	53
㉕		6.7	22	28	100	49	71	110
㉖		6.4	20	36	100	46	63	110
㉗		5.0	26	43	170	100	80	170
No. 1	排ガス μg/m ³ (20°C)	1.1	3.7	0.7	1.3	0.9	9	8
No. 2		2.1	13	4.1	7.2	2.6	33	41
No. 3		1.7	6.1	2.0	4.0	0.9	19	24
No. 4		2.2	10	4.1	13	5.4	29	51
No. 5		2.1	11	5.6	17	5.4	32	47

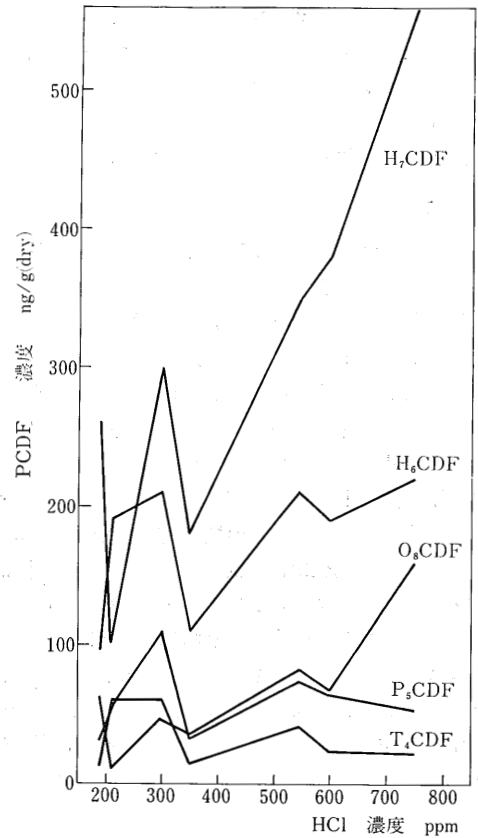
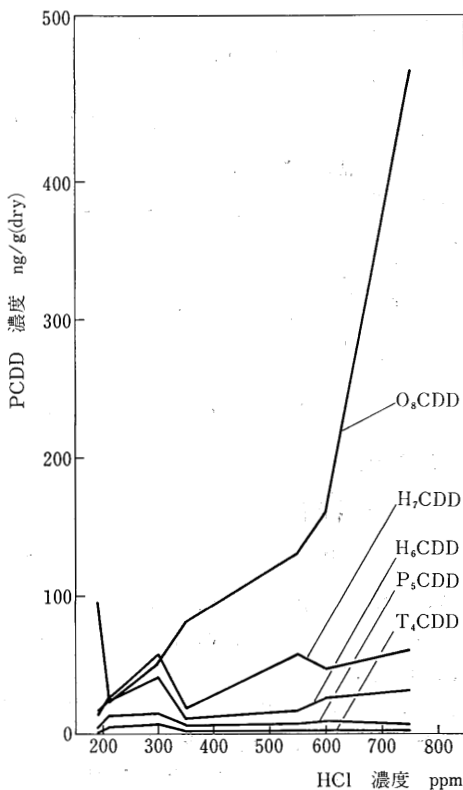


図 1 ごみ焼却炉における HCl 濃度と EP 灰中の PCDD_s 濃度との関係

図 2 ごみ焼却炉における HCl 濃度と EP 灰中の PCDF_s 濃度との関係

1984. 10. 8

PCDFs			Chlorobenzenes					DF	Py+Fl
H ₆ CDF	H ₇ CDF	O ₈ CDF	Di-	Tri-	Tetra-	Penta-	Hexa-		
270	360	74	90	250	440	480	280	29	390
210	390	62	33	150	280	430	380	30	660
220	430	77	32	150	310	460	470	30	1200
130	260	67	—	—	12	51	67	17	1800
310	690	140	25	170	340	610	600	9.8	230
340	760	140	20	150	320	490	510	18	360
490	1300	300	55	290	580	1000	760	25	310
15	12	13	—	—	1.8	40	39	—	740
90	99	19	90	60	1130	1360	250	190	3700
46	58	7.5	48	70	1120	1260	240	210	5600
110	160	26	34	50	940	1260	260	290	5800
120	170	24	110	160	2500	3290	610	240	7000

DF ジベンゾフラン, Py+Fl ビレン+フルオランテン

表 6 排ガス 揮発成分 測定結果

1984. 10. 8. 単位 ppm, 但 CO₂ %

時刻	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	検出限界	検出器
メタン	4.3	17.8	32.2	24.7	6.5	7.1	3.4	6.3		50	5860	4.3		↑ FID ↓
エタン	—	—	—	—	—	—	—	—		—	12.2	—	<0.5	
エチレン	—	—	0.8	1.8	—	—	—	—		0.9	827	—	<0.5	
アセチレン	—	6.0	12.4	31.4	2.5	—	—	1.1		15.9	2300	0.6	<0.5	
プロピレン	—	—	—	—	—	—	—	—		—	4.8	—	<0.5	
クロルアセチレン	—	0.12	0.19	0.46	0.04	0.10	0.02	0.06		0.36	50	0.06	<0.01	
クロルシアン	0.29	0.33	0.39	0.86	0.35	0.15	0.09	0.11		0.57	30	0.56		
1,3-ブタジエン	—	—	—	—	—	—	—	—		—	1.6	—	<0.002	
1-ブテン-3-イン	—	0.07	0.013	0.021	0.010	0.003	—	—		0.015	8.6	0.004	<0.002	
プロピニトリル	—	—	0.013	0.022	—	—	—	—		0.018	7.3	—	<0.002	
ジクロルアセチレン	0.012	0.057	0.067	0.13	0.020	0.088	0.020	0.047		0.11	10.0	0.087		
ベンゼン	0.056	0.14	0.093	0.14	0.023	0.034	0.034	0.028		0.14	494	0.47		↑ SIM ↓
トルエン	—	—	—	—	—	—	—	—		—	6.6	—	<0.01	
フェニルアセチレン	—	—	—	0.009	—	—	—	—		—	11.7	—	<0.005	
ベンズニトリル	—	—	—	—	—	—	—	—		—	0.55	0.012	<0.005	
インデン	—	—	—	—	—	—	—	—		—	1.1	—	<0.005	
ナフタリン	—	—	—	—	—	—	—	—		—	7.8	0.03	<0.005	
スチレン	—	—	—	—	—	—	—	—		—	2.8	—	<0.005	
二硫化炭素	—	—	—	—	—	—	—	—		—	0.68	—	<0.001	
水	—	13	39	99	—	—	—	—		77	14900	—	<6.0	
CO	19	244	285	613	127	77	18	42		380	20900	65		
CO ₂ (%)	6.5	4.4	9.9	10.7	7.9	5.4	5.4	8.2		9.5	12.1	5.1		

(3) 式を説明すると次の結論を得る。

HCl 濃度が十分高くなれば、一連の塩素化反応が進行する。炉内での各 PCDD ($n \leq 7$) の生成量は、前駆物質となるジベンゾ-p-ジオキシン濃度に比例し、各 PCDD の反応速度に反比例するが、HCl 濃度とは無関係である。O₈CDD は、ジベンゾ-p-ジオキシン濃度、HCl 濃度、反応時間に比例する。

以上は、多くの仮定を含んだ推論であるが、図 1 に示した現象を一応説明できる。この実験では、HCl 濃度は塩ビ製品投入以前に 200 ppm に達しており、すでにこの濃度レベルで、(1) 式における連続した反応は進行していると考えられる。

PCDF_s についても、上記モデルは適用できると思われるが、現象としては H₇CDF が O₈CDD に対応している。これは H₇CDF が塩素化されにくいと考えられる。前駆物質としては、ジベンゾフランが相当する。

4.2. 焼却炉内の化学反応について

焼却炉排ガスの検出成分は、CH₃、C≡C、C=C、Cl、CN、O の組み合わせで説明できる。例えば、

C≡C から、ベンゼン、フェニルアセチレン、ナフタリン

C≡C と CH₃ から、トルエン

C≡C と C=C から、1-ブテン-3-イン

C≡C と Cl から、クロルアセチレン、ジクロルアセチレン、クロルベンゼン類

C≡C と CN から、プロピンニトリル、ベンゾニトリル

Cl と CN から、クロルシアン

PCDD_s の前駆物質となるジベンゾ-p-ジオキシンに関しては、ベンゼン→フェノール→o-クロルフェノール→ジベンゾ-p-ジオキシンの、酸化→塩素化→縮合の反応径路が、PCDF_s の前駆物質となるジベンゾ

フランに関しては、ベンゼン→ビフェニル→ジベンゾフランの、縮合→酸化→分子内縮合の反応径路が考えられる。PCDD_s の中間体と仮定したフェノール、o-クロルフェノール、ジベンゾ-p-ジオキシンは、排ガス中から検出できなかったが、それは、これらの成分の反応性が高いためと考えられる。

5. おわりに

今回の調査は、灰の分析を中心としたもので、炉で生成される PCDD_s、PCDF_s の絶対量を測定するには至らなかった。焼却炉の構造、焼却温度、ごみ質等と、PCDD_s、PCDF_s の生成量の関係を明確にするには、炉から排出される絶対量、すなわち、(排ガス中の濃度)×(排ガス量)に(灰中の濃度)×(灰の量)を加えた値を求める必要がある。これには、より多くの検体を分析しなければならないので、分析時間の短縮化が望まれる。

謝 辞

本調査研究は焼却炉メーカーの方々の協力によって可能となったものです。とくに、調査、分析に当って西村透氏、中野宏秋氏の協力を得ました。関係者の皆様に深く感謝致します。

文 献

- 1) K. Olie, P.L. Vermeulen, O. Hutzinger : Chlorodibenzo-p-dioxins and chlorodibenzofurans are trace components of fly ash and flue gas of some municipal incinerators in the Netherlands. *Chemosphere*, 8, 455 (1977)
- 2) 朝日新聞, 昭和 58 年 11 月 19 日付朝刊
- 3) 厚生省水道環境部: 廃棄物処理に係るダイオキシン等の問題について, 昭和 59 年 5 月, 廃棄物処理に係るダイオキシン等専門家会議資料