

実験試料の性状

本実験で使用した RDF 試料、低 Cl-RDF 試料、プラスチック試料（PVC 試料+PVDC 試料）の分析結果を表 2-1-2 に示す。

RDF 試料は、性状のばらつきを把握するため、3 サンプルに対して分析を実施した。サンプル a は後述の Run 1、Run 3、Run 5（一次燃焼温度 900℃）で使用した試料であり、サンプル b は Run 2、Run 4、Run 6（一次燃焼温度 600℃）で使用した試料であり、サンプル c は実験に未使用の RDF 試料である。

低 Cl-RDF 試料についても 3 サンプルに対して分析を実施した。サンプル a は後述の Run 7、Run 8（一次燃焼温度 900℃）で使用した試料であり、サンプル b は Run 9、Run 10（一次燃焼温度 600℃）で使用した試料であり、サンプル c は破碎後の押し出し成形する前の、実験に未使用のサンプルである。低 Cl-RDF 試料は、固形化するために少量の水の添加が必要であり、サンプル a、b の水分が、サンプル c に比べて高いのはそのためである。

RDF 試料中の揮発性塩素、全塩素の含有率が 3 サンプルの平均でそれぞれ 0.20 [%] と 0.43 [%] であるのに対し、低 Cl-RDF 試料中の揮発性塩素、全塩素の含有率は 3 サンプルの平均でそれぞれ 0.24 [%] と 0.26 [%] であり、主な無機塩素源である厨芥類の有無による差が明確に見られる。

プラスチック試料の組成として、揮発性塩素、全塩素はそれぞれ 26.0 [%] と 31.4 [%] であった。重金属は Pb が 7,400 [mg/kg] で含有されており、PVC に添加された鉛系安定剤に由来するものであると考えられる。

図 2-1-2 に RDF 試料、低 Cl-RDF 試料中の PCDDs/DFs 濃度と同族体分布、図 2-1-3 に RDF 試料、低 Cl-RDF 試料中の PCBs、Co-PCBs 濃度と PCBs 同族体分布を示す。PCDDs/DFs は、RDF 試料中に 0.023 [ng-TEQ/g]、低 Cl-RDF 試料中に 0.0023 [ng-TEQ/g] で検出され、全 PCDDs/DFs 濃度は RDF 試料の方が高濃度であった。PCDDs/DFs の主成分は、RDF 試料、低 Cl-RDF 試料とも 08CDD であった。Co-PCBs は、RDF 試料中に 0.000027 [ng-TEQ/g]、低 Cl-RDF 試料中に 0.00012 [ng-TEQ/g] で検出された。PCBs の主成分は、RDF 試料、低 Cl-RDF 試料とも T3CBs であった。PCBs 濃度は低 Cl-RDF 試料の方が高濃度であった。

表2-1-2 実験試料の分析結果

分析項目	単位	RDF試料 (Run 1 ~ Run 6 で使用)				低Cl-RDF試料 (Run 7 ~ Run 10 で使用)				プラスチック試料 (PVC+PVDC)	
		サンプル a	サンプル b	サンプル c	平均	サンプル a	サンプル b	サンプル c	平均		
水分	%	4.1	5.2	7.6	5.6	11.4	11.9	(4.0)	11.7	0.1	
可燃分	%	87.5	83.8	82.6	84.6	78.1	77.3	(86.7)	77.7	78.0	
灰分	%	11.0	11.0	9.8	10.6	10.5	10.8	(9.3)	10.7	21.9	
C	%	43.2	39.8	43.4	42.1	39.9	39.1	42.3	40.4	42.6	
H	%	7.2	5.3	6.6	6.4	4.4	4.6	4.7	4.6	4.6	
N	%	0.98	0.91	1.15	1.01	0.17	0.17	0.17	0.17	ND<0.01	
O	%	37.37	40.04	37.75	38.39	43.39	43.37	42.93	43.23	4.79	
燃焼性硫黄	%	0.10	0.10	0.11	0.10	0.01	0.01	0.05	0.02	0.01	
全硫黄	%	0.15	0.15	0.15	0.15	0.05	0.06	0.08	0.06	0.02	
揮発性塩素	%	0.15	0.05	0.39	0.20	0.23	0.35	0.15	0.24	26.0	
全塩素	%	0.37	0.34	0.59	0.43	0.25	0.36	0.17	0.26	31.4	
低位発熱量	cal/g	3,740	3,850	3,790	3,793	3,410	3,320	3,750	3,493	4,240	
PCDDs	実測値	ng/g	2.5	—	—	2.5	0.36	—	—	0.36	—
	毒性等価換算値	ng-TEQ/g	0.010	—	—	0.010	0.001	—	—	0.001	—
PCDFs	実測値	ng/g	0.63	—	—	0.63	0.096	—	—	0.096	—
	毒性等価換算値	ng-TEQ/g	0.013	—	—	0.013	0.0018	—	—	0.0018	—
total PCDDs/DFs	実測値	ng/g	3.1	—	—	3.1	0.46	—	—	0.46	—
	毒性等価換算値	ng-TEQ/g	0.023	—	—	0.023	0.0023	—	—	0.0023	—
Co-PCBs	実測値	ng/g	0.27	—	—	0.27	0.63	—	—	0.63	—
	毒性等価換算値	ng-TEQ/g	0.000027	—	—	0.000027	0.00012	—	—	0.00012	—
PCBs	実測値	ng/g	9.1	—	—	9.1	21	—	—	21	—
Pb	mg/kg	ND<10	ND<10	ND<10	ND<10	ND<10	ND<10	ND<10	ND<10	7,400	
Cd	mg/kg	ND<10	ND<10	ND<10	ND<10	ND<10	ND<10	ND<10	ND<10	ND<10	
Fe	mg/kg	1,200	820	850	957	880	600	660	713	21	
Cu	mg/kg	190	48	34	91	87	57	160	101	ND<10	
Sb	mg/kg	ND<10	ND<10	ND<10	ND<10	ND<10	ND<10	ND<10	ND<10	ND<10	
Mn	mg/kg	28	24	21	24	13	11	14	13	ND<10	

(※) RDF試料 : (紙類、木、竹、わら、厨芥類)

低Cl-RDF試料 : (紙類、木、竹、わら)

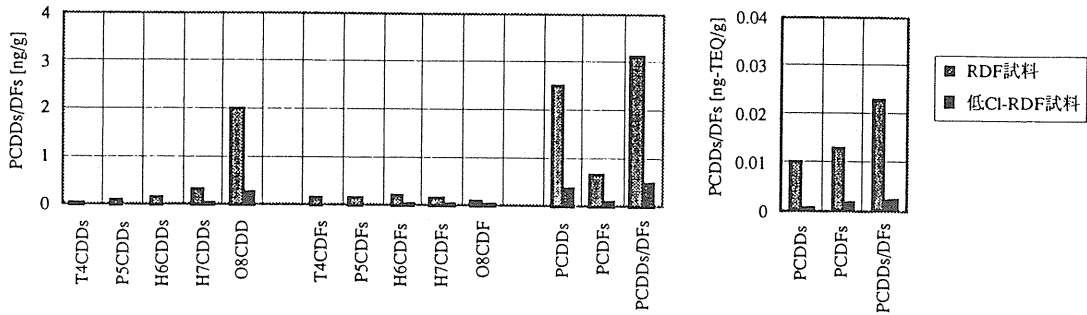


図 2-1-2 RDF 試料、低 Cl-RDF 試料中の PCDDs/DFs 濃度と同族体分布

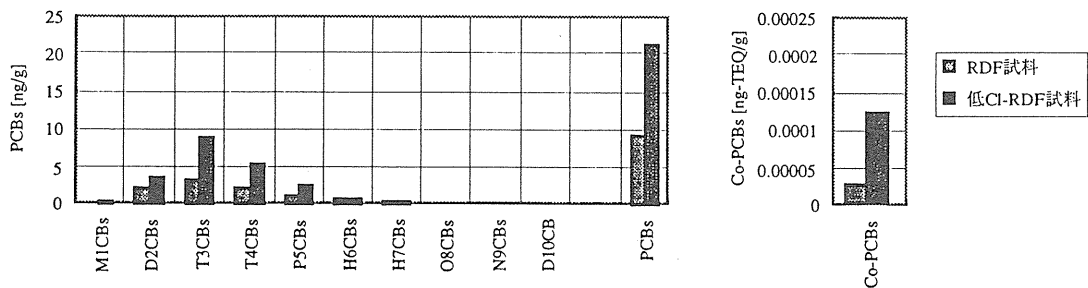


図 2-1-3 RDF 試料、低 Cl-RDF 試料中の PCBs、Co-PCBs 濃度と PCBs 同族体分布

3. 実験条件

全実験条件の一覧を表 2-1-3 に、実験系統図を図 2-1-4 に示す。表 2-1-3 中の実験条件の並びは実験実施の順番である。

RDF 試料や低 Cl-RDF 試料は、発熱量が都市ごみ相当 (約 3,000kcal/kg) となるように水分を添加した。Run 3、4、5、6 の PVC 試料、PVDC 試料、重金属試料の混合割合は、S 社が一般ごみにて分別した際の結果から、RDF 試料に対し、PVC 試料：0.69wt%、PVDC 試料：0.14wt%、重金属試料：1.87wt%とした。Run 8、10 のプラスチック試料 (PVC+PVDC) の投入量は、この投入試料 (S1b+S2) の全塩素濃度が Run 1、2 の投入試料 (S1) の全塩素濃度の 0.43%に等しくなるように設定した。ただし、この条件を設定する際、低 Cl-RDF 試料のサンプル c の分析結果 (全塩素 0.17%) を使用し、表 2-1-3 中の Run 8、10 の投入試料の全塩素濃度を計算する際、低 Cl-RDF 試料の 3つのサンプルの平均値 (全塩素 0.26%) を使用した。

一次燃焼温度を 900℃、600℃の 2 条件とした。一次燃焼温度 900℃は都市ごみ焼却炉を、一次燃焼温度 600℃は小型焼却炉をそれぞれ模擬したものである。一次燃焼炉の燃焼条件について、一次燃焼温度 900℃の時は空気比 1.5 とし、一次燃焼温度 600℃

表2-1-3 実験条件一覧

Run No.			Run 1	Run 3	Run 5	Run 2	Run 4	Run 6	Run 7	Run 8	Run 9	Run10
投入試料			S1	S1+S2	S1+S2+S3	S1	S1+S2	S1+S2+S3	S1b	S1b+S2	S1b	S1b+S2
実験試料 供給量	RDF(dry)	kg/hr	1.82	1.82	1.82	1.25	1.25	1.25	2.27	2.27	1.56	1.56
	RDF(wet)	kg/hr	2.27	2.27	2.27	1.56	1.56	1.56	2.73	2.73	1.88	1.88
	水分割合	%	20	20	20	20	20	20	17	17	17	17
	PVC試料	g/hr	—	12.6	12.6	—	8.6	8.6	—	15.9	—	10.9
	PVDC試料	g/hr	—	2.6	2.6	—	1.8	1.8	—	3.2	—	2.2
	鉄	g/hr	—	—	30.9	—	—	21.3	—	—	—	—
	銅	g/hr	—	—	3.1	—	—	2.1	—	—	—	—
投入試料中 濃度	揮発性塩素	%-DB	0.20	0.41	0.41	0.20	0.41	0.41	0.24	0.45	0.24	0.45
	無機塩素	%-DB	0.23	0.27	0.27	0.23	0.27	0.27	0.02	0.06	0.02	0.06
	全塩素	%-DB	0.43	0.69	0.67	0.43	0.69	0.67	0.26	0.52	0.26	0.52
	鉄	%-DB	0.095	0.095	1.8	0.095	0.095	1.8	0.071	0.071	0.071	0.071
	銅	%-DB	0.0090	0.0090	0.18	0.0090	0.0090	0.18	0.010	0.010	0.010	0.010
一次燃焼炉 燃焼条件	出口温度	℃	900			600			900		600	
	空気比	—	1.5			7			1.5		7	
	燃焼空気量	m ³ N/hr	12.3			39.5			12.3		39.5	
	出口O ₂ 濃度	%	7.1			18.1			7.1		18.1	
二次燃焼炉 燃焼条件	出口温度	℃	900			900			900		900	
	滞留時間	sec	2			1			2		1	
	空気比	—	0.5			0			0.5		0	
	燃焼空気量	m ³ N/hr	4.1			0			4.1		0	
	出口O ₂ 濃度	%	10.7			18.1			10.7		18.1	
ガス冷却 ダクト条件	出口温度	℃	200						200			
	滞留時間	sec	2						2			

(※) 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: 重金属類 (Fe、Cu)

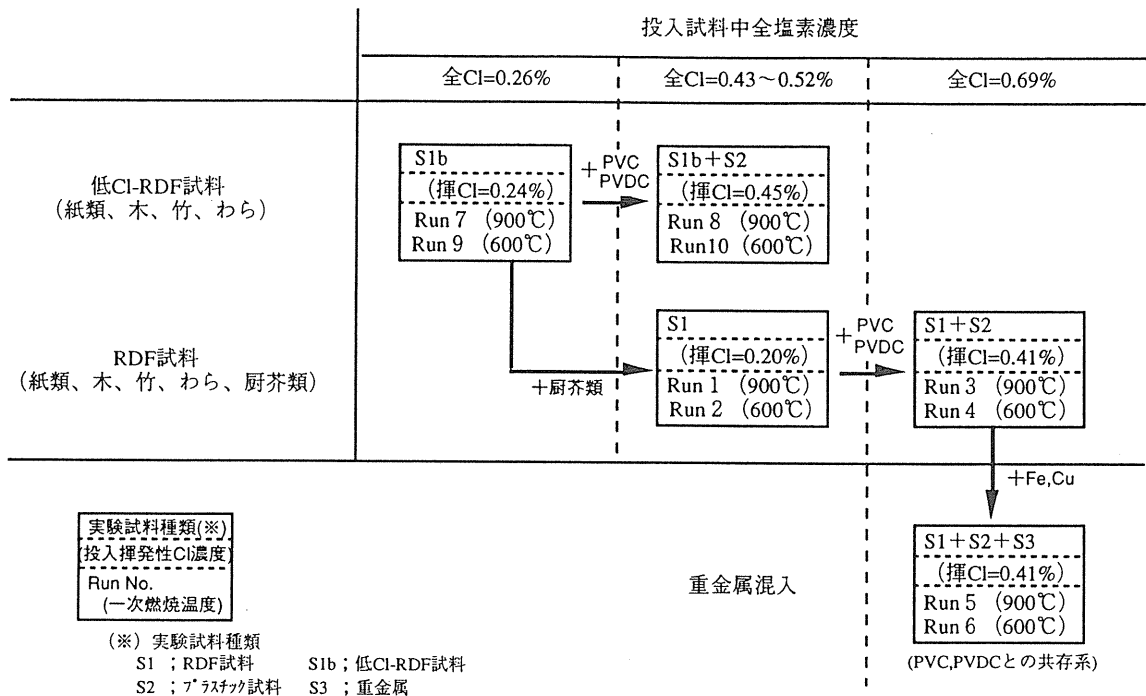


図 2-1-4 実験系統図

の時は、小型焼却炉の燃焼実験のデータに基づいて、出口 O₂ 濃度を約 18%、空気比 7 とした。二次燃焼炉の燃焼条件について、一次燃焼温度 900℃ の時は二次燃焼炉の出口温度を 900℃、ガス滞留時間を 2 sec とし、一次燃焼温度 600℃ の時は二次燃焼炉の出口温度を 900℃、ガス滞留時間を 1 sec とした。ガス冷却ダクトの出口温度を 200℃、ガス滞留時間を 2 sec とし、活性炭の充填量 20kg は一定とした。

なお、各 Run の前にはガス冷却ダクトをブラッシングにより清掃し、直前の Run の影響を除去するよう心掛けた。さらに、Run 1、2、7、9 の前には、ガス冷却ダクトと活性炭吸着塔を酸洗浄し、過去の実験の影響を完全に除去するよう努めた。

4. 分析項目

分析項目の一覧を表 2-1-4 に示す。排ガスのサンプリング位置を一次燃焼炉出口、二次燃焼炉出口、ガス冷却ダクト出口、活性炭吸着塔出口の 4 点とし、各 Run における分析項目は全て共通とした。焼却残渣とは二次燃焼炉の炉底で回収されるものである。ガス冷却ダクトの内壁に付着した排ガスライン堆積物は、発生量がわずかで分析に必要な量を確保できないため、回収して保管はするが、分析については保留した。

表2-14 分析項目一覧

固形物

分析項目	実験試料			焼却残渣
	RDF試料	低Cl-RDF試料	プラスチック試料	
三成分（水分、可燃分、不燃分）	○	○	○	—
元素組成（C, H, O, N）	○	○	○	○
低位発熱量	○	○	○	—
熱灼減量	—	—	—	○
全硫黄濃度、可燃性硫黄濃度	○	○	○	○
全塩素濃度、揮発性塩素濃度	○	○	○	○
重金属濃度（Pb,Cd,Fe,Cu,Sb,Mn）	○	○	○	○
PCDDs/DFs 濃度	○	○	—	○
PCBs、Co-PCBs 濃度	○	○	—	○

排ガス

分析項目	測定位置			
	一次燃焼炉出口	二次燃焼炉出口	ガス冷却ダクト出口	活性炭吸着塔出口
排ガス量、水分量	○	○	○	○
オルザット（O ₂ ,CO ₂ ,N ₂ ）	○	○	○	○
塩化水素（HCl）濃度	○	○	○	○
塩素（Cl ₂ ）濃度	○	○	○	○
硫酸化物（SO _x ）濃度	○	○	○	○
ダスト濃度	○	○	○	○
PCDDs/DFs 濃度	○	○	○	○
PCBs、Co-PCBs 濃度	○	○	○	○
連続測定				
温度	○	○	○	—
O ₂ 濃度	○	○	○	○
CO 濃度	—	○	—	—
HCl 濃度	—	—	○	—

2. 1. 3 実験結果と考察

1. 排ガス、焼却残渣の性状

1) 排ガス

排ガスの連続測定の結果から、二次燃焼炉出口の排ガス中のCOは、一次燃焼温度900℃の場合、平均濃度が1.7~30ppm、一次燃焼温度600℃の場合、平均濃度が19~45ppmであった。全Runを通して実験中は、COの100ppm以上のピークはなく、安定した燃焼状態であったと考えられる。

排ガス中のHCl濃度は一次燃焼炉出口で61~310[ppm]であり、ガス冷却ダクト出口までは漸減、あるいは横這い傾向であるが、活性炭吸着塔出口では6.2~35[ppm]まで低下した。図2-1-5に排ガス中のHCl濃度と投入全塩素濃度との関係を示す。図中のrは相関係数である。一次燃焼炉出口からガス冷却ダクト出口にかけて、投入全塩素濃度との比較的高い正の相関が見られた。一方、活性炭吸着塔出口では投入全塩素濃度との高い正の相関は得られなかった。

排ガス中のCl₂濃度は全Runのほとんどのサンプリング位置で定量下限以下(<1 mg/m³N)であった。

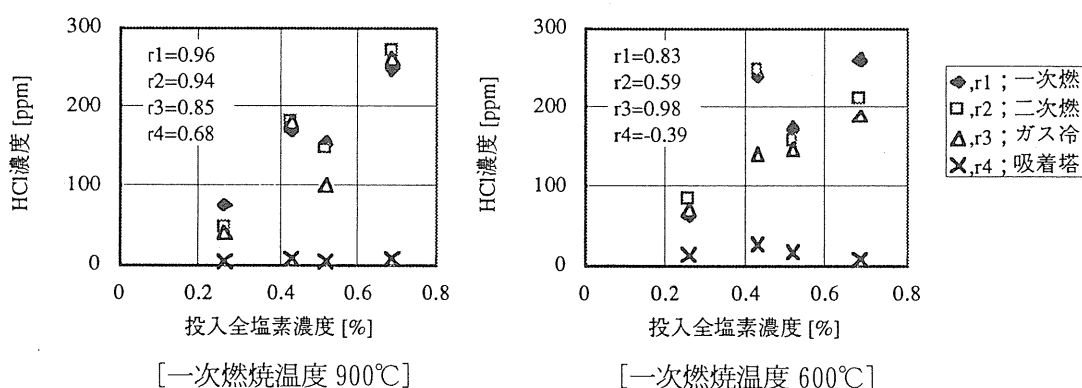


図 2-1-5 投入全塩素濃度と排ガス中の HCl 濃度の関係

2) 焼却残渣

焼却残渣の熱灼減量は1.2~6.6[%]であり、一次燃焼温度や投入塩素濃度、投入金属量の違いによる一定の傾向は見られなかった。

焼却残渣の全塩素濃度について、投入試料の全塩素濃度を横軸に取り、図2-1-6に示す。図中のrは相関係数である。一次燃焼温度900℃、600℃の場合とも、投入全

塩素濃度と高い正の相関が見られた。焼却残渣中の全塩素濃度、揮発性塩素濃度は一次燃焼温度 600℃の場合の方が総じて高い濃度であった。

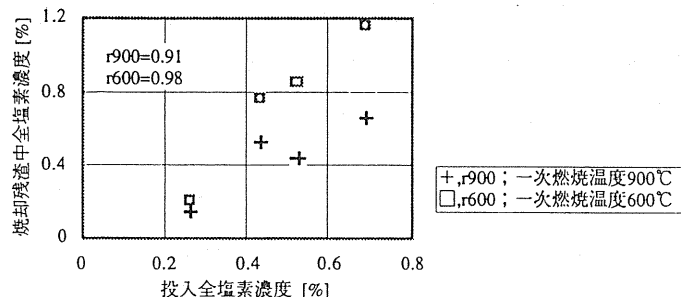


図 2-1-6 投入全塩素濃度と焼却残渣中の全塩素濃度の関係

焼却残渣中の重金属について、Pb はプラスチック試料を混入した Run 4、6、8、10 で高濃度であった。これは、PVC 試料中の鉛系安定剤に由来するものであると考えられる。Cd は全 Run で定量下限以下 (<10mg/kg) であった。Fe と Cu については重金属試料 (Fe, Cu) を投入した Run 5、6 で高濃度であった。Sb は ND ~ 1,000 [mg/kg] でばらつきが大きかった。Sb は実験試料中では定量下限以下 (<10 mg/kg) であったが、濃縮された結果、高濃度になったと考えられる。Mn は低 Cl-RDF 試料を使用した Run 7 ~ 10 よりも、RDF 試料を使用した Run 1 ~ 6 の焼却残渣で高濃度であり、各 RDF 試料中の Mn の濃度の違いをそのまま反映した結果であった。

2. PCDDs/DFs の挙動

1) 投入塩素濃度の影響

(1) 排ガス

排ガス中の PCDDs/DFs 濃度を図 2-1-7 (一次燃焼温度 900℃) と図 2-1-8 (一次燃焼温度 600℃) に示し、一次燃焼炉出口から活性炭吸着塔出口にかけて排ガス中の PCDDs/DFs 濃度と投入全塩素濃度の関係を図 2-1-9 (一次燃焼温度 900℃) と図 2-1-10 (一次燃焼温度 600℃) に示す。図 2-1-7、図 2-1-8 中の揮発性 Cl、無機 Cl、全 Cl はそれぞれ、各 Run の投入試料中の揮発性塩素、無機塩素、全塩素の濃度を示している。図 2-1-9、図 2-1-10 中の r は相関係数である。

図 2-1-7、図 2-1-8 を見ると、一次燃焼温度 900℃ の場合、全 Run とも一次燃焼炉出口から活性炭吸着塔出口にかけて下流にいくに従い排ガス中の PCDDs/DFs 濃度が単調に低下した。一方、一次燃焼温度 600℃ の場合、全 Run とも一次燃焼炉出口から二次燃焼炉出口にかけて排ガス中の PCDDs/DFs 濃度が増加しており、二次燃焼炉における PCDDs/DFs の挙動が、一次燃焼温度 900℃ の場合と大きく異なった。この二次燃焼炉における PCDDs/DFs の挙動については後述する。

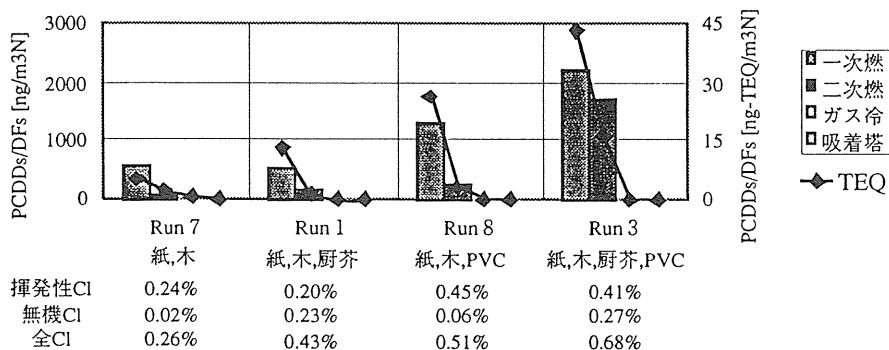


図 2-1-7 排ガス中の PCDDs/DFs 濃度 (一次燃焼温度 900℃)

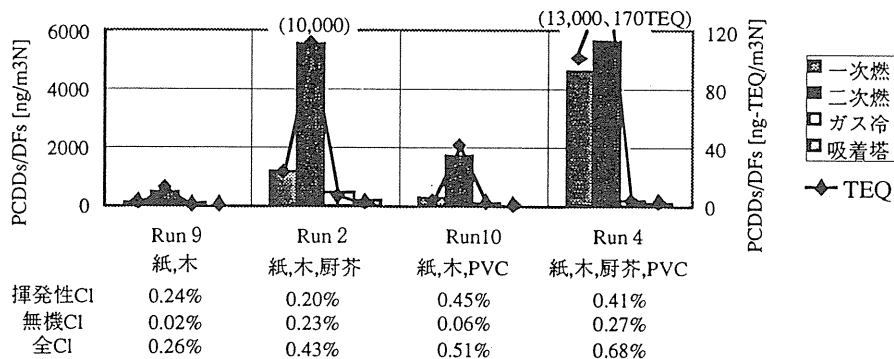


図 2-1-8 排ガス中の PCDDs/DFs 濃度 (一次燃焼温度 600℃)

図 2-1-9、図 2-1-10 で投入全塩素濃度との関係について見てみると、一次燃焼炉出口では相関係数が、一次燃焼温度 900℃ の場合 $r = 0.91$ 、一次燃焼温度 600℃ の場合 $r = 0.82$ であり、どちらも高い正の相関が見られた。また、二次燃焼炉出口でも、一次燃焼温度 900℃ の場合 $r = 0.85$ 、一次燃焼温度 600℃ の場合 $r = 0.70$ と比較的高い正の相関が見られた。さらに下流のガス冷却ダクト出口や活性炭吸着塔出口にかけて、排ガス中の PCDDs/DFs 濃度が大きく低下し、投入全塩素濃度との正の相関は失われた。

すなわち、廃ガス処理を行うことによって投入全塩素濃度と排ガス中の PCDDs/DFs 濃度との正の相関は低くなると言える。

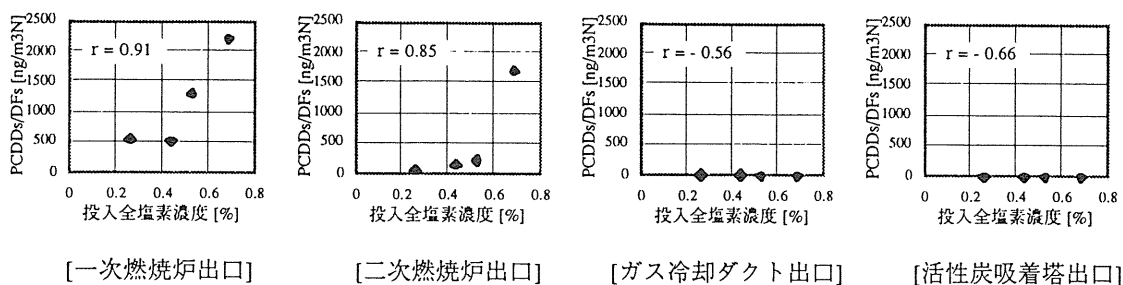


図 2-1-9 投入全塩素濃度と排ガス中の PCDDs/DFs 濃度の関係

(一次燃焼温度 900°C)

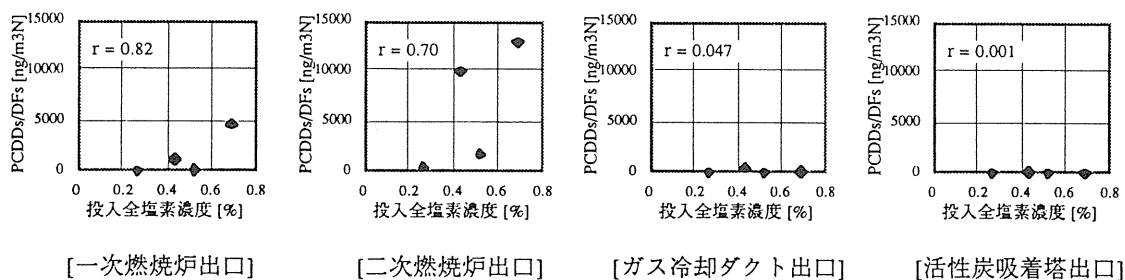


図 2-1-10 投入全塩素濃度と排ガス中の PCDDs/DFs 濃度の関係

(一次燃焼温度 600°C)

ここで図 2-1-7、図 2-1-8 を使い、投入全塩素濃度と PCDDs/DFs 濃度との正の相関が見られた一次燃焼炉出口と二次燃焼炉出口排ガスにおいて、投入塩素形態の影響を見てみる。

(一次燃焼炉出口排ガス)

まず揮発性塩素の影響について、投入試料中の無機塩素濃度が互いに等しい Run を比較すると、一次燃焼温度 900°C の場合、Run 7 (揮発性塩素濃度 0.24%) で 560 [ng/m³N] (5.0 [ng-TEQ/m³N]) に対し、Run 8 (揮発性塩素濃度 0.45%) で 1,300 [ng/m³N] (26 [ng-TEQ/m³N]) であり、Run 1 (揮発性塩素濃度 0.20%) で 530 [ng/m³N] (13 [ng-TEQ/m³N]) に対し、Run 3 (揮発性塩素濃度 0.41%) で 2,200 [ng/m³N] (43 [ng-TEQ/m³N]) であり、それぞれ揮発性塩素濃度が高い Run の方が

PCDDs/DFs 濃度が高かった。また、一次燃焼温度 600℃ の場合も、Run 9 (揮発性塩素濃度 0.24%) で 57[ng/m³N] (0.75[ng-TEQ/m³N]) に対し、Run10 (揮発性塩素濃度 0.45%) で 200[ng/m³N] (2.4[ng-TEQ/m³N]) であり、Run 2 (揮発性塩素濃度 0.20%) で 1,100[ng/m³N] (23[ng-TEQ/m³N]) に対し、Run 4 (揮発性塩素濃度 0.41%) で 4,600[ng/m³N] (100[ng-TEQ/m³N]) であり、それぞれ揮発性塩素濃度が高い Run の方が PCDDs/DFs 濃度が高かった。

つぎに無機塩素の影響について、投入試料中の揮発性塩素濃度が互いに等しい Run を比較すると、一次燃焼温度 900℃ の場合、Run 7 (無機塩素濃度 0.02%) で 560[ng/m³N] (5.0[ng-TEQ/m³N]) に対し、Run 1 (無機塩素濃度 0.23%) で 530[ng/m³N] (13[ng-TEQ/m³N]) であり、02=12% 換算濃度では顕著な差はなかったが、毒性等価換算濃度で見ると無機塩素濃度の高い Run 1 の方が高濃度であった。Run 8 (無機塩素濃度 0.06%) と Run 3 (無機塩素濃度 0.27%) を比較すると、Run 8 で 1,300[ng/m³N] (26[ng-TEQ/m³N]) に対し、Run 3 で 2,200[ng/m³N] (43[ng-TEQ/m³N]) であり、無機塩素濃度が高い Run 3 の方が PCDDs/DFs 濃度が高かった。一次燃焼温度 600℃ の場合は、Run 9 (無機塩素濃度 0.02%) で 57[ng/m³N] (0.75[ng-TEQ/m³N]) に対し、Run 2 (無機塩素濃度 0.23%) で 1,100[ng/m³N] (23[ng-TEQ/m³N]) であり、Run10 (無機塩素濃度 0.06%) で 200[ng/m³N] (2.4[ng-TEQ/m³N]) に対し、Run 4 (無機塩素濃度 0.27%) で 4,600[ng/m³N] (100[ng-TEQ/m³N]) であり、それぞれ無機塩素濃度が高い Run の方が PCDDs/DFs 濃度が高かった。

つぎに、投入試料中の全塩素濃度が同じで、揮発性塩素と無機塩素の割合が互いに異なる Run を比較する。一次燃焼温度 900℃ の場合、Run 8 (揮発性塩素濃度 0.45%、無機塩素濃度 0.06%) で 1,300[ng/m³N] (26[ng-TEQ/m³N]) に対し、Run 1 (揮発性塩素濃度 0.20%、無機塩素濃度 0.23%) で 530[ng/m³N] (13[ng-TEQ/m³N]) であり、揮発性塩素濃度の割合が高い Run 8 の方が高濃度であった。一方、一次燃焼温度 600℃ の場合、Run10 (揮発性塩素濃度 0.45%、無機塩素濃度 0.06%) で 200[ng/m³N] (2.4[ng-TEQ/m³N]) に対し、Run 2 (揮発性塩素濃度 0.20%、無機塩素濃度 0.23%) で 1,100[ng/m³N] (23[ng-TEQ/m³N]) であり、無機塩素濃度の割合が高い Run 2 の方が高濃度であった。以上、一次燃焼温度条件により全く逆の結果となり、本実験結果から塩素形態による PCDDs/DFs 生成能の違いを結論づけることはできなかった。

(二次燃焼炉出口排ガス)

一次燃焼炉出口から二次燃焼炉出口にかけての排ガス中の PCDDs/DFs の挙動が一次燃焼温度条件により異なった。すなわち、一次燃焼温度 900℃ の場合、全 Run とともに一次燃焼炉出口から二次燃焼炉出口にかけて排ガス中の PCDDs/DFs 濃度が低下したのに対し、一次燃焼温度 600℃ の場合、全 Run とともに逆に PCDDs/DFs 濃度が増加した。しかし、この二次燃焼炉における PCDDs/DFs の挙動によらず、一次燃焼温度 900℃、600℃ の場合とも、二次燃焼炉出口の排ガス中の PCDDs/DFs 濃度と投入塩素濃度との関係は、一次燃焼炉出口で見られた関係に類似していた。

ここで、一次燃焼温度 600℃ の場合、二次燃焼炉で排ガス中の PCDDs/DFs 濃度が増加した要因について考える。当実験装置の構造上、一次燃焼炉と二次燃焼炉の接続部で若干の系外空気の漏れ込みがあり、一次燃焼炉を出た排ガスはこの二次燃焼炉の最前部で一端冷やされ、二次燃焼炉内部で 900℃ まで再昇温される。一次燃焼温度 600℃ の場合、一次燃焼炉の排ガスは二次燃焼炉の最前部で一度 400℃ 程度まで温度が低下したため、ここで PCDDs/DFs が再合成されたものと考えられる。さらに、一次燃焼温度 600℃ の場合、二次燃焼炉における排ガスの滞留時間は 1 sec に設定されており、二次燃焼炉での排ガス中の PCDDs/DFs の分解が不十分であった可能性も一因として考えられる。ちなみに、一次燃焼温度 900℃ の場合は二次燃焼炉の最前部における排ガスの温度は 600℃ 前後であり、PCDDs/DFs の再合成温度域の範囲外であったと考えられる。

二次燃焼炉出口からガス冷却ダクト出口にかけて排ガス中の PCDDs/DFs 濃度が大幅に低下したが、これは排ガス中の PCDDs/DFs が排ガス中のダストに吸着され、配管の内壁に付着し、堆積したためであると考えられる。活性炭吸着塔出口では、一次燃焼温度 900℃ の場合、排ガス中の PCDDs/DFs 濃度が 0.024~0.082 [ng-TEQ/m³N] であったのに対し、一次燃焼温度 600℃ の場合、0.15~2.0 [ng-TEQ/m³N] と少し高い値であった。これは、一次燃焼温度 600℃ の方が二次燃焼炉出口の排ガス中の PCDDs/DFs 濃度が高かったこと、ガス流量が大きいためガス冷却ダクトおよび活性炭吸着塔における吸着効率が低下したことが原因であると考えられる。

(塩化水素と PCDDs/DFs の関係)

排ガス中の塩化水素濃度と PCDDs/DFs 濃度の関係を図 2-1-11 (一次燃焼温度 900℃) と図 2-1-12 (一次燃焼温度 600℃) に示す。図中の r は相関係数である。塩化水素濃度との相関も投入全塩素濃度との相関に似た傾向を示しており、一次燃焼炉出口と二次燃焼炉出口では比較的相関係数が高く、一次燃焼温度 600℃の時の活性炭吸着塔出口を除き、ガス冷却ダクト出口と活性炭吸着塔出口では相関係数は低かった。

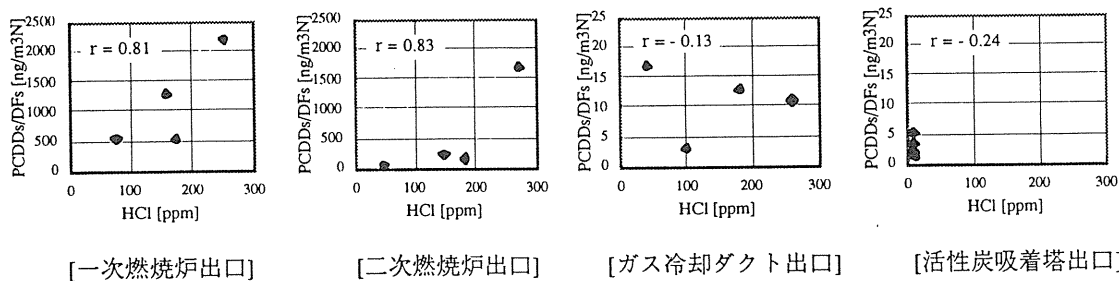


図 2-1-11 排ガス中の HCl 濃度と PCDDs/DFs 濃度の関係 (一次燃焼温度 900℃)

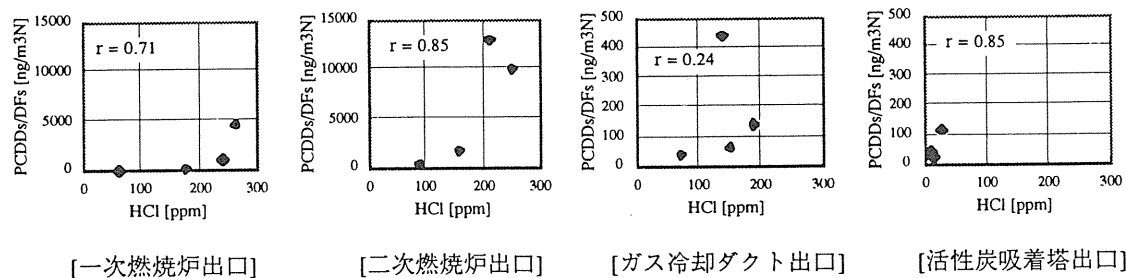


図 2-1-12 排ガス中の HCl 濃度と PCDDs/DFs 濃度の関係 (一次燃焼温度 600℃)

排ガス中の PCDDs/DFs 同族体分布

排ガス中の PCDDs/DFs 同族体分布を図 2-1-13 (一次燃焼温度 900℃) と図 2-1-14 (一次燃焼温度 600℃) に示す。まず、一次燃焼炉出口では、Run 7 を除き、一次燃焼温度 900℃、600℃の場合とも PCDDs より PCDFs の方が割合が大きく、高塩素化成分より低塩素化成分の方が高濃度であるという傾向が見られた。各 Run とも一次燃焼炉出口で同族体分布が類似していたことから、投入塩素濃度や一次燃焼温度の違いにより廃棄物の焼却過程における PCDDs/DFs の生成パターンは変化しなかった可能性が示唆される。Run 7 のみ PCDDs の割合が大きかった原因は、Run 7 で焼却残渣中の熱

灼減量がやや大きかったことと関係がある可能性も考えられる。

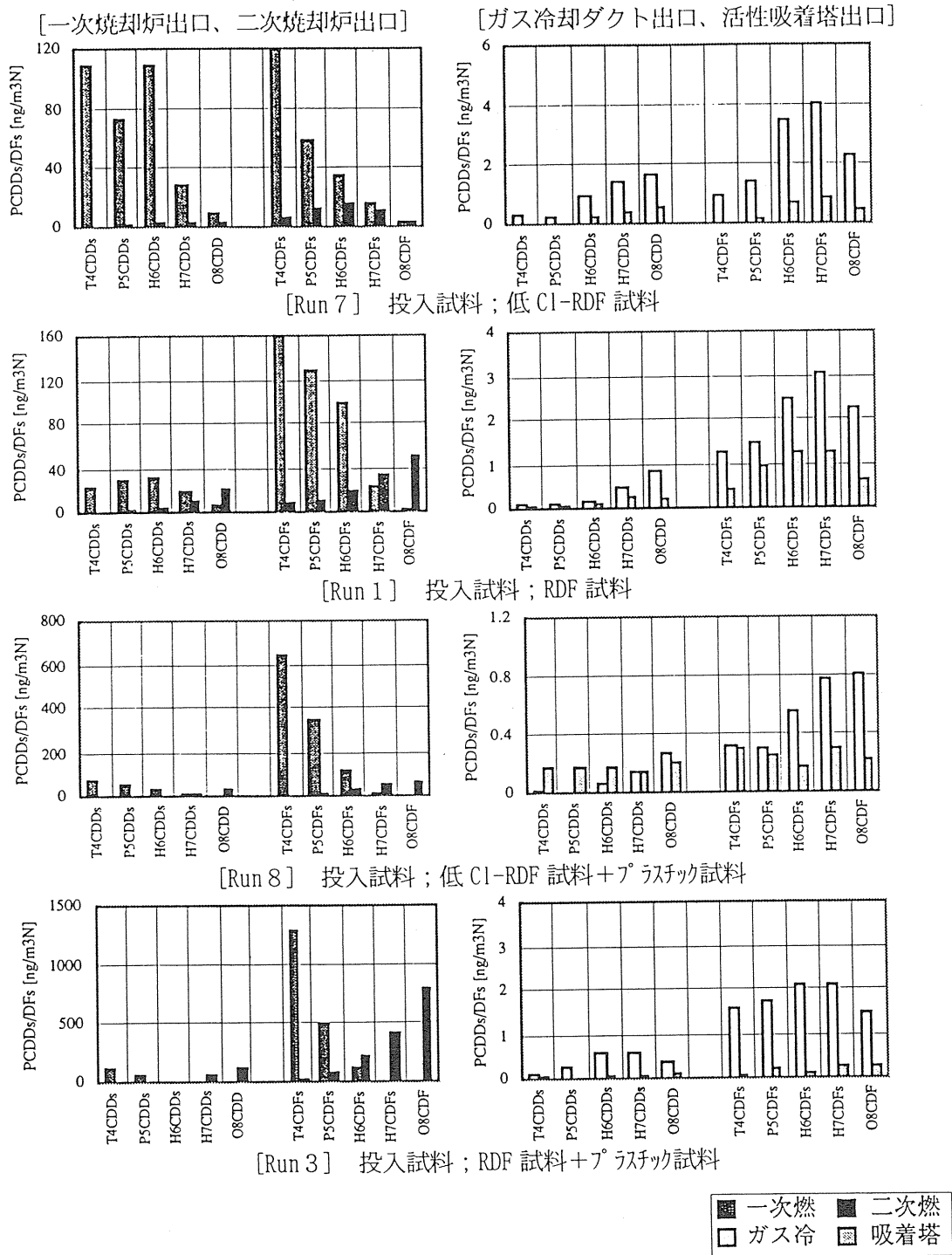
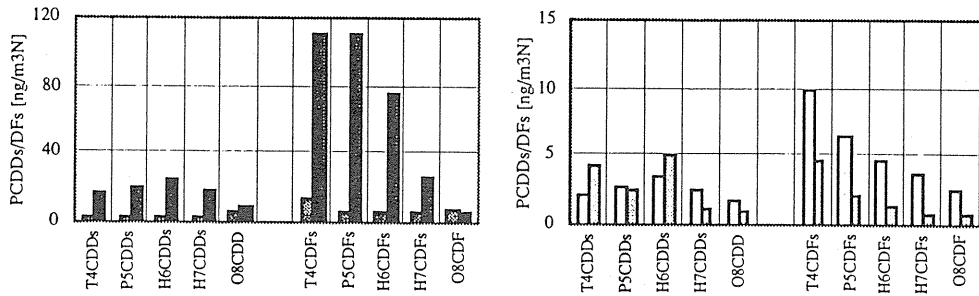


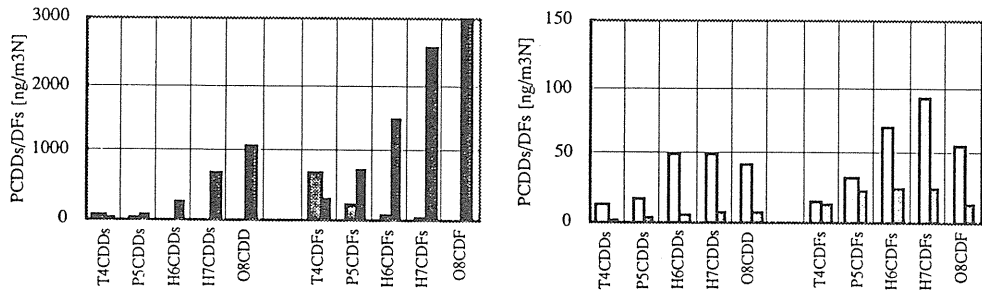
図 2-1-13 排ガス中の PCDDs/DFs 同族体分布
(一次燃焼温度 900℃)

[一次燃焼炉出口、二次燃焼炉出口]

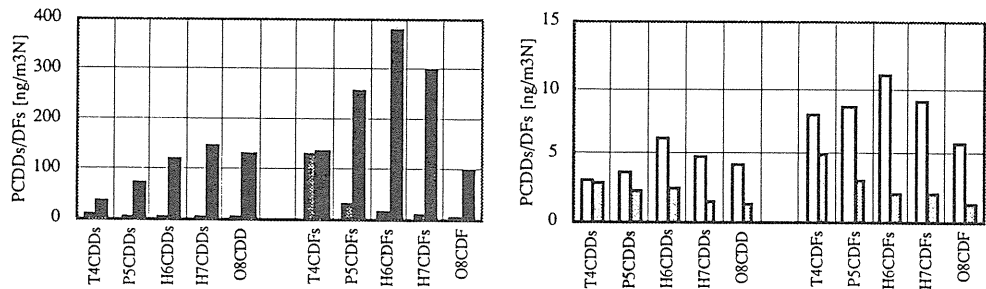
[ガス冷却ダクト出口、活性炭吸着塔出口]



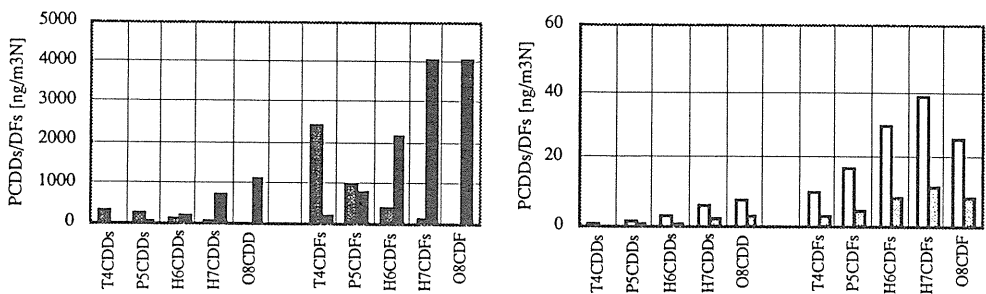
[Run 9] 投入試料；低Cl-RDF試料



[Run 2] 投入試料；RDF試料



[Run10] 投入試料；低Cl-RDF試料+プラスチック試料



[Run 4] 投入試料；RDF試料+プラスチック試料



図2-1-14 排ガス中のPCDDs/DFs同族体分布
(一次燃焼温度600℃)

つぎに二次燃焼炉出口では、各 Run ごとに同族体の分布傾向にばらつきがあるが、共通した特徴として、一次燃焼炉出口から二次燃焼炉出口に向け低塩素化成分から高塩素化成分へのピークの移行が見られる。

さらに下流のガス冷却ダクト出口と活性炭吸着塔出口では、各 Run とも二次燃焼炉出口と分布形状が類似していた。このことは、ガス冷却ダクトでは活発な PCDDs/DFs の再合成は行われず、ダストへの吸着による排ガス中の PCDDs/DFs の濃度低下が支配的であったこと、その濃度低下は同族体の各成分に対して均等であったことを示唆していると考えられる。前述した通り、ガス冷却ダクトは毎回実験前にブラッシングにより付着ダストの除去を行ったため、実験中は PCDDs/DFs の前駆体物質の蓄積段階で未飽和状態であったと考えられる。

(2) 焼却残渣

焼却残渣中の PCDDs/DFs の挙動について見る。図 2-1-15 に焼却残渣中の PCDDs/DFs 濃度を示し、図 2-1-16 に投入全塩素濃度と焼却残渣中の PCDDs/DFs 濃度の関係を示す。図 2-1-16 中の r は相関係数である。一次燃焼温度 900℃、600℃の時も、各 Run とも焼却残渣中の PCDDs/DFs 濃度は投入試料の各 RDF 試料中よりも濃縮され、高濃度であった。排ガス中の PCDDs/DFs の挙動とは異なり、投入塩素濃度と焼却残渣中の PCDDs/DFs 濃度との間に特定の関係は見られず、また投入全塩素濃度との相関係数も低かった。

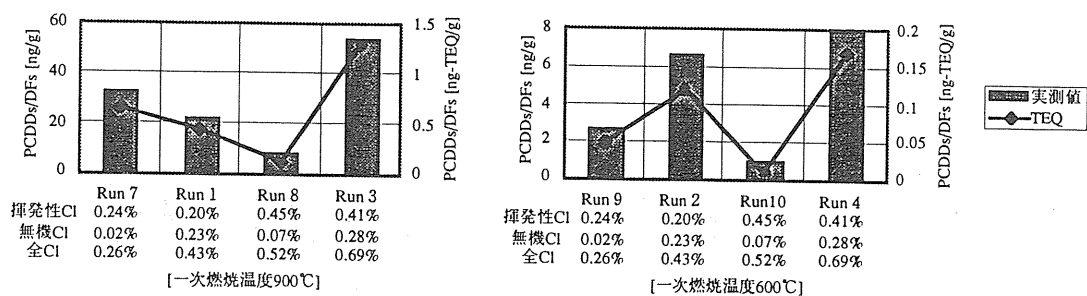
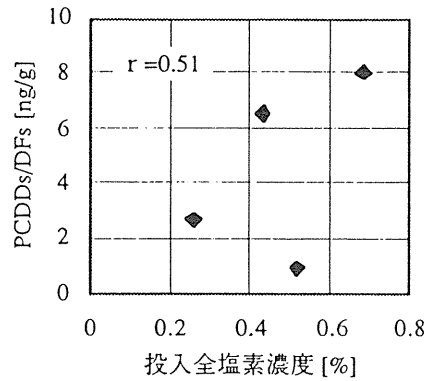
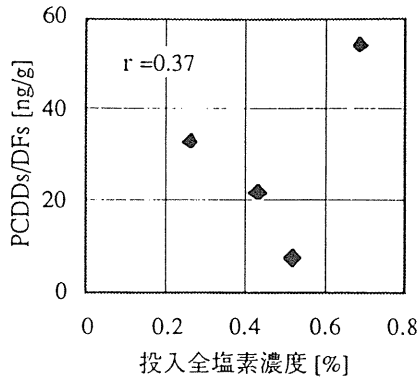


図 2-1-15 焼却残渣中の PCDDs/DFs 濃度



[一次燃焼温度 900°C]

[一次燃焼温度 600°C]

図 2-1-16 投入全塩素濃度と焼却残渣中の PCDDs/DFs 濃度の関係

焼却残渣中の PCDDs/DFs 同族体分布

焼却残渣中の PCDDs/DFs 同族体分布を図 2-1-17 (一次燃焼温度 900°C) と図 2-1-18 (一次燃焼温度 600°C) に示す。図中には各 Run で使用した RDF 試料または低 Cl-RDF 試料中の PCDDs/DFs の同族体分布を併記した。各 Run とも同族体のほとんどの成分について各 RDF 試料中よりも焼却残渣中で高濃度であり、各 RDF 試料の主成分であった OSCDD のみ、ほとんどの Run で各 RDF 試料中よりも濃度が低下した。

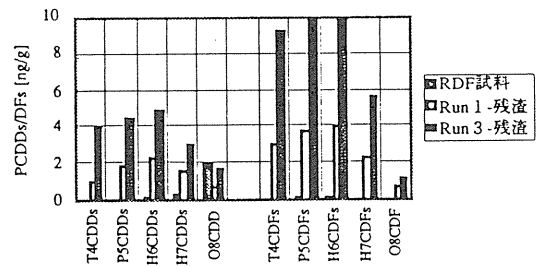
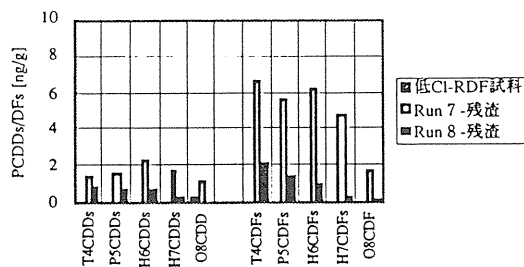


図 2-1-17 焼却残渣中の PCDDs/DFs 同族体分布 (一次燃焼温度 900°C)

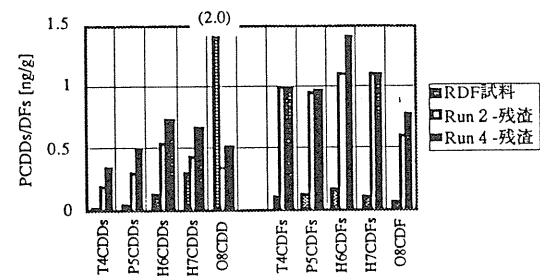
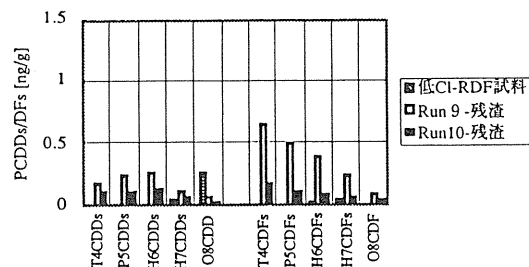


図 2-1-18 焼却残渣中の PCDDs/DFs 同族体分布 (一次燃焼温度 600°C)

2) 重金属混入の影響

(1) 排ガス

重金属混入時 (Run 5、Run 6) と、比較のために重金属混入なし (Run 3、Run 4) の場合の排ガス中の PCDDs/DFs 濃度を図 2-1-19 に示す。重金属を混入した Run 5、Run 6 では一次燃焼炉出口から活性炭吸着塔出口にかけて下流にいくに従い排ガス中の PCDDs/DFs 濃度が低下した。Run 6 の二次燃焼炉では、Run 4 と異なり燃焼状態が良好であった可能性が考えられる。重金属混入の影響について、一次燃焼温度 900℃ の場合、一次燃焼炉出口と二次燃焼炉出口では重金属混入により排ガス中の PCDDs/DFs 濃度が増加したが、この濃度差は下流のガス冷却ダクト出口と活性炭吸着塔出口では低減され、顕著な差は見られなかった。一方、一次燃焼温度 600℃ の場合、一次燃焼炉では同様に重金属混入により排ガス中の PCDDs/DFs 濃度が増加したが、二次燃焼炉出口では逆に重金属混入なしの Run 4 の方が高濃度であった。この濃度差は下流にいくに従って低減され、活性炭吸着塔出口では顕著な差ではなかった。

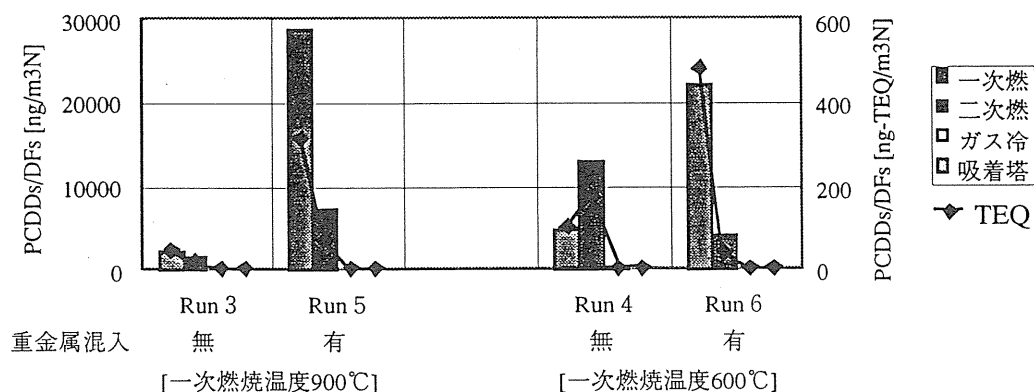


図 2-1-19 排ガス中の PCDDs/DFs 濃度 (重金属混入時)

排ガス中の PCDDs/DFs 同族体分布

重金属混入時の排ガス中の PCDDs/DFs 同族体分布を図 2-1-20 に示す。排ガスフロー全般にわたり、PCDDs より PCDFs の割合が大きかった。一次燃焼炉出口では H6CDFs ~H7CDFs に分布のピークがある。重金属混入なしの Run 3、Run 4 では T4CDDs と T4CDFs にピークがあったことから、重金属混入により高塩素化成分に分布が移行し

ている。Run 5、Run 6とも一次燃焼炉出口から二次燃焼炉出口にかけて高塩素化成分の割合が増加し、二次燃焼炉出口より下流では、分布形状についてRun 3、Run 4と顕著な差は見られなかった。

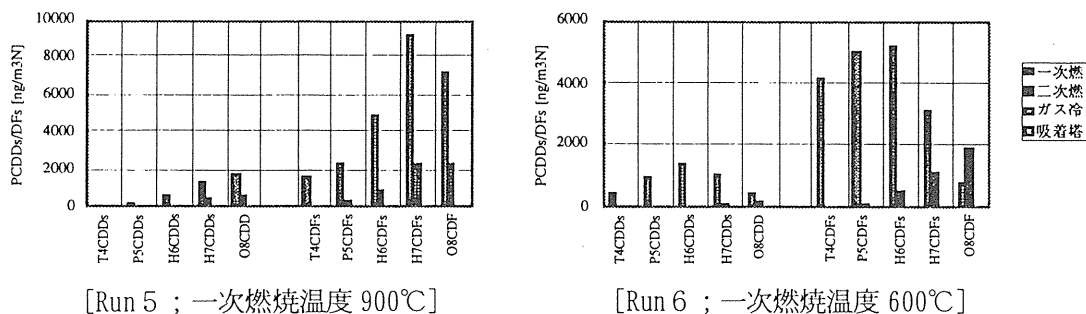


図 2-1-20 排ガス中の PCDDs/DFs 同族体分布 (重金属混入時)

(2) 焼却残渣

重金属混入時 (Run 5、Run 6) と、比較のために重金属混入なし (Run 3、Run 4) の場合の焼却残渣中の PCDDs/DFs 濃度を図 2-1-21 に示す。一次燃焼温度 900°C、600°C の時も、排ガス中の PCDDs/DFs と同様、重金属混入により焼却残渣中の PCDDs/DFs 濃度が増加した。

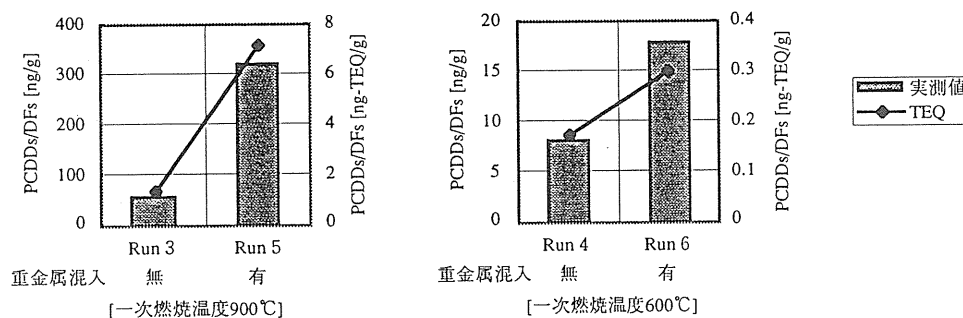


図 2-1-21 焼却残渣中の PCDDs/DFs 濃度 (重金属混入時)

焼却残渣中の PCDDs/DFs 同族体分布

重金属混入時の焼却残渣中の PCDDs/DFs 同族体分布を図 2-1-22 に示す。なお、図中には比較のため、投入試料の RDF 試料中および、重金属を混入していない Run 3、Run 4 の焼却残渣中の PCDDs/DFs 同族体分布も併記する。一次燃焼温度 900℃、600℃の場合とも、重金属混入により分布形状に明確な変化は見られなかった。

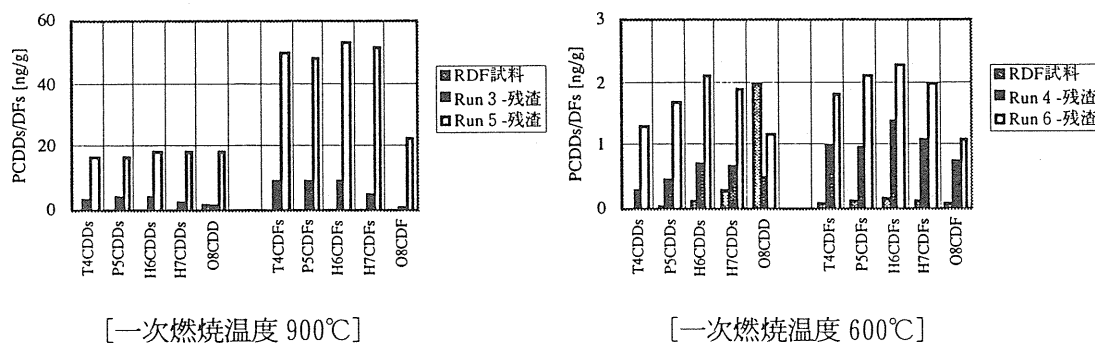


図 2-1-22 焼却残渣中の PCDDs/DFs 同族体分布 (重金属混入時)

3. PCBs、Co-PCBs の挙動

1) 排ガス

投入試料に重金属を混入しない Run の排ガス中の PCBs 濃度と Co-PCBs 濃度をそれぞれ図 2-1-23 と図 2-1-24 に示す。排ガス中の PCBs、Co-PCBs は、O₂=12%換算濃度でみると、一次燃焼温度 900℃、600℃の場合とも一次燃焼炉出口から活性炭吸着塔出口にかけて下流にいくに従い濃度が単調に低下した。しかし、Co-PCBs は、一次燃焼温度 600℃の場合で一次燃焼炉出口と二次燃焼炉出口の濃度がほぼ同レベルを示す Run もあったこと、また、毒性等価換算濃度 (TEQ) でみると、一次燃焼炉出口から二次燃焼炉出口にかけて濃度が増加した Run もあったことから、PCDDs/DFs に近い発生挙動を示していたと考えられる。

投入塩素濃度の影響について、PCBs は、一次燃焼温度 900℃の場合は投入塩素濃度との明確な関係は見られず、一次燃焼温度 600℃の場合は一次燃焼炉出口や二次燃焼炉出口で投入塩素濃度の増加に伴う PCBs 濃度の増加傾向が見られたが、PCDDs/DFs の挙動とは部分的に異なった。これに対して、Co-PCBs は、一次燃焼温度 900℃、600℃の場合とも、一次燃焼炉出口や二次燃焼炉出口で投入塩素濃度の増加に伴う Co-