

(2) 溶融雰囲気制御方法と雰囲気条件

溶融炉における雰囲気制御の方法を図2に示す。還元溶融では主燃焼室での空気比を1以下として、主燃焼室内雰囲気を還元状態とする。そして発生した還元性ガスは後燃焼室で完全燃焼化を行う。還元状態の確認は二次室出口でのCOとO₂濃度の測定により行った。

本実験においては燃焼空気のうち約80%を主燃焼室へ20%を後燃焼室へ供給した。二次燃焼室出口排ガスでのCO濃度は1~3%、O₂濃度はほぼ0%で推移し、また後燃焼室出口の排ガスでは二次空気の供給による完全燃焼化によって排ガス中のCO濃度は10ppm以下、O₂濃度は2~5%であった。

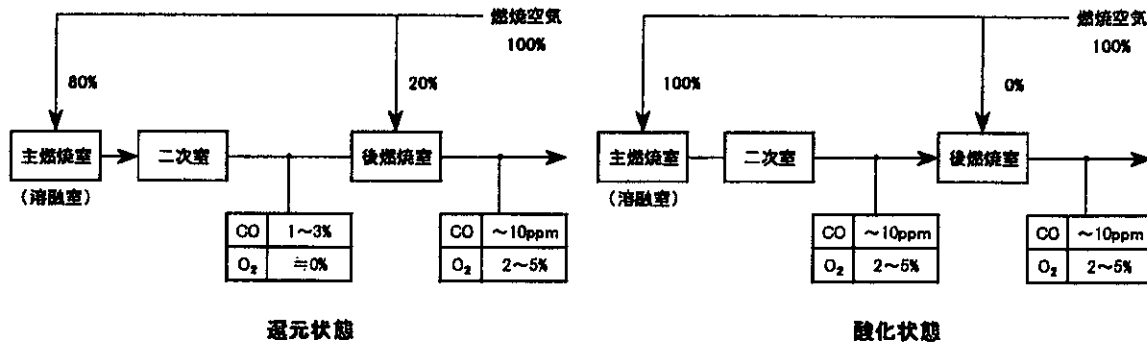


図2 溶融雰囲気の制御方法

(3) データ測定項目および測定点

本実験における排ガス測定項目および測定点を図3に示す。また、本溶融システムにおける温度、流量等のプロセスデータの測定項目と測定点を図4に示す。なお各プロセスデータの測定は、データ収集装置により連続記録を行った。

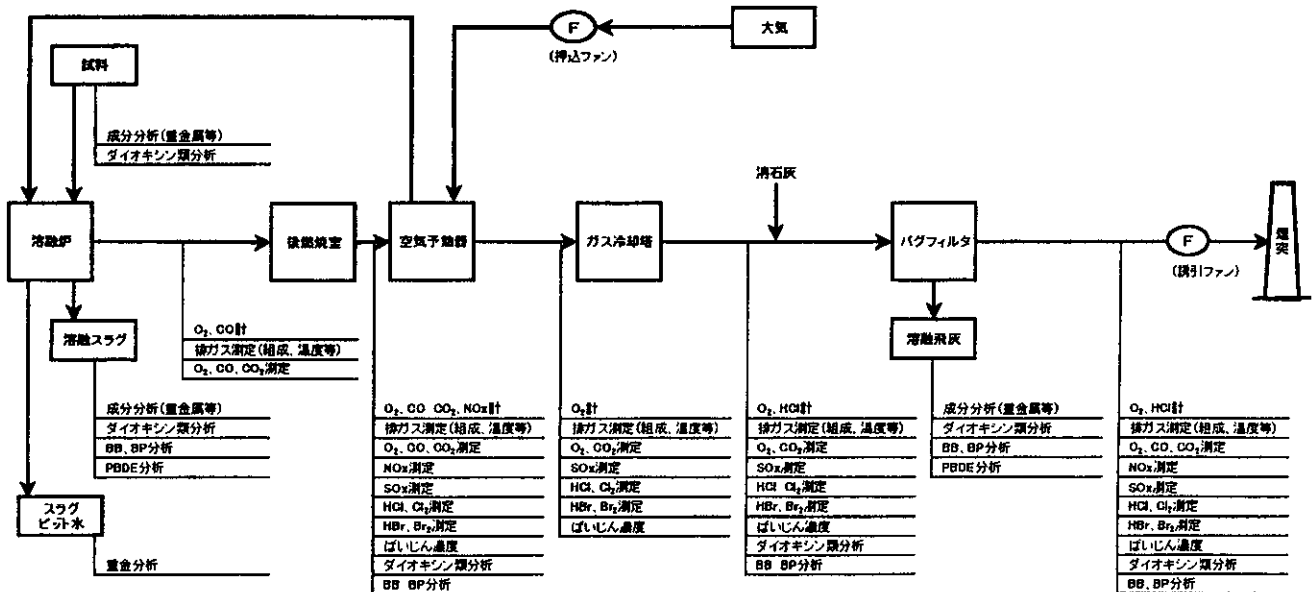
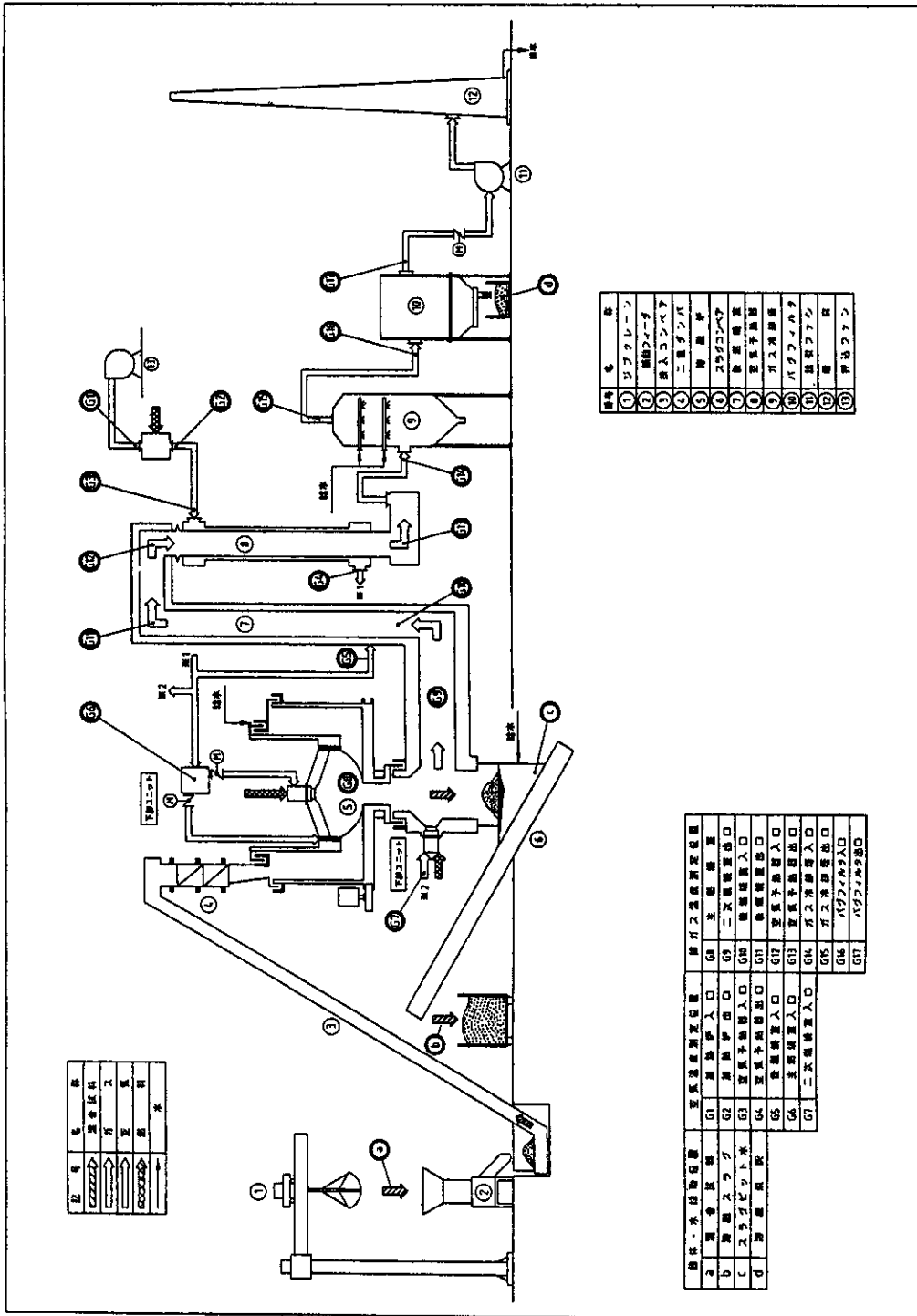


図3 排ガス測定項目と測定点



記号	説明
○	測定点
→	空気
⇄	蒸気
⇄	水
⇄	油
⇄	燃料
⇄	冷却水

番号	名称
1	シフトレール
2	燃料コイル
3	燃焼コイル
4	二次燃焼コイル
5	蒸気発生器
6	冷却水
7	蒸気発生器
8	蒸気発生器
9	蒸気発生器
10	蒸気発生器
11	蒸気発生器
12	蒸気発生器
13	蒸気発生器

測定点	測定項目	測定位置
01	蒸気発生器	蒸気発生器入口
02	蒸気発生器	蒸気発生器出口
03	蒸気発生器	二次燃焼コイル入口
04	蒸気発生器	二次燃焼コイル出口
05	蒸気発生器	蒸気発生器入口
06	蒸気発生器	蒸気発生器出口
07	蒸気発生器	蒸気発生器入口
08	蒸気発生器	蒸気発生器出口
09	蒸気発生器	蒸気発生器入口
10	蒸気発生器	蒸気発生器出口
11	蒸気発生器	蒸気発生器入口
12	蒸気発生器	蒸気発生器出口
13	蒸気発生器	蒸気発生器入口
14	蒸気発生器	蒸気発生器出口
15	蒸気発生器	蒸気発生器入口
16	蒸気発生器	蒸気発生器出口
17	蒸気発生器	蒸気発生器入口
18	蒸気発生器	蒸気発生器出口
19	蒸気発生器	蒸気発生器入口
20	蒸気発生器	蒸気発生器出口

図4 プロセスデータの測定項目および測定点

(4) 実験試料の性状

昨年度の実験と同様に、実験試料は都市ごみ焼却プラントから採取した焼却灰と飛灰に可燃物として臭素系難燃材(PBDE)を含む ABS 樹脂と塩素系プラスチックである硬質 PVC 樹脂のペレットを混合して作成した。各試料の混合率も昨年度の調査と同様に ABS 樹脂、PVC 樹脂、混合灰の混合比を 2.4 : 3.8 : 93.8 とし、混合灰中の焼却灰と飛灰の割合を 6 : 4 とした。表 1 に各試料の成分分析結果と溶融実験試料とした混合物の成分の計算値を示した。昨年度の実験試料と性状を比較すると Si、Pb、Cu、B および塩素化 DXNs の濃度に若干の差異があるものの他の成分の含有割合などについてはほぼ同等であった。

表 1 実験試料の成分分析結果

項目	単位	プラスチック類		単位	還元溶融		融化溶融	
		PBDE含有ABS樹脂	硬質塩化PVC樹脂		混合灰(焼却灰+飛灰)	実験試料(注2)	混合灰(焼却灰+飛灰)	実験試料(注2)
含水率(注1)	%	0.2	0.1	%	0.8	0.78	0.3	0.33
C	%	70	42.8	%	4.0	705	1.8	491
H	%	6.3	4.6	%	0.6	0.69	0.3	0.59
N	%	4.9	0.01	%	0.1	0.17	0.2	0.28
T-Cl	%	4.9	48.5	%	4.52	620	3.84	5.64
T-S	%	0.08	0.11	%	0.42	0.40	0.42	0.54
T-Br	%	10.4	<0.01	%	0.01	0.26	<0.01	0.25
Si	mg/kg	<10	67	%	12.6	11.8	18.2	18.0
Al	mg/kg	<10	26	%	7.56	7.09	8.9	8.80
Ca	mg/kg	38	250	%	17.3	16.3	15.8	15.6
Mg	mg/kg	<10	<10	%	1.90	1.78	1.66	1.56
P	mg/kg	<10	<10	%	1.00	0.94	0.90	0.84
Fe	mg/kg	<10	<10	%	1.57	1.47	1.67	1.65
Na	mg/kg	25	60	%	2.39	2.24	2.30	2.28
K	mg/kg	31	<10	%	1.41	1.32	1.89	1.87
Zn	mg/kg	3900	<10	%	0.38	0.35	0.30	0.30
Sb	mg/kg	28000	<10	mg/kg	84	751	215	884
Pb	mg/kg	32	<10	mg/kg	490	460	1198	1183
Cu	mg/kg	<10	<10	mg/kg	1900	1782	1238	1223
Cd	mg/kg	<10	<10	mg/kg	15	14	28	26
As	mg/kg	15	<0.5	mg/kg	3.6	3.7	5.2	5.5
T-Hg	mg/kg	<0.01	<0.01	mg/kg	0.34	0.32	0.31	0.30
V	mg/kg	<10	<10	mg/kg	36	34	47	44
T-Cr	mg/kg	<10	<10	mg/kg	540	507	416	390
Mn	mg/kg	<10	<10	mg/kg	660	619	908	852
Ni	mg/kg	<10	<10	mg/kg	110	103	132	124
Se	mg/kg	2.6	<10	mg/kg	<1.0	0.1	0.9	1.0
T-F	mg/kg	<5	0.05	mg/kg	360	338	285	281
B	mg/kg	<10	<10	mg/kg	330	310	84	83
O(計算値)	%	-	-	%	-	31.7	-	39.5
合計	%	-	-	%	-	91.7	-	103.1
PBDE	ng/g	80000	-	ng/g	-	19225	-	19225
PBDDs	ng/g	N.D.	-	ng/g	0.22	0.21	0.003	0.003
PBDFs	ng/g	27000	-	ng/g	120	762	0.18	649
PBDDs+PBDFs	ng/g	27000	-	ng/g	120	762	0.18	649
PCDDs	ng/g	N.D.	-	ng/g	1600	1503	720	676
PCDFs	ng/g	N.D.	-	ng/g	83	87	77	72
PCDDs+PCDFs	ng/g	N.D.	-	ng/g	1700	1597	802	752
TEQ	ng/g	0	-	ng/g	8.2	7.7	6	5.6

注1: 含水率以外は、乾燥基準。 注2: 実験試料成分は計算値。

3. 実験結果と考察

(1) 運転結果

今回の還元溶融での運転結果の概要を表2に示した。また昨年度の酸化実験時の結果を併記した。

今回実施した還元溶融においても、酸化溶融の場合と同様に主燃焼室温度（溶融室内温度）はほとんど変動がないとともに時間当たりのスラグ排出量の大きな変化もなく安定的な溶融状態が得られた。また実験試料中の可燃物は少量であり、助燃料としては寄与しなかった。

排ガス温度に着目すると後燃焼室出口の温度は酸化溶融時に比べ50～100℃高くなった。これは、酸化実験時と主燃焼室温度を一致させるとともに後燃焼室内でCOガスなどの還元性ガスを燃焼したためである。また燃料使用量が約20%増加したとともに処理量が約20%減少した結果となった。

表2 運転結果の概要

項目	単位	還元溶融	酸化溶融	
溶融実験試料		焼却灰+飛灰+ABS樹脂+PVC樹脂	焼却灰+飛灰+ABS樹脂+PVC樹脂	
溶融炉雰囲気		還元雰囲気	酸化雰囲気	
二次室出口O ₂ 濃度	%	0.0 ~ 0.1	4.4 ~ 5.2	
二次室出口CO濃度	ppm, %	0.9 (%) ~ 1.7 (%)	0.0 (ppm)	
処理量(湿)	kg/h	175 (平均値)	230 (平均値)	
スラグ量(湿)	kg/h	132 ~ 152	171 ~ 197	
溶融飛灰量(湿)	kg/h	18.8 (平均値)	15 ~ 31	
主室オイル量	l/h	90.3 ~ 90.7	71.7 ~ 72.5	
二次室オイル量	l/h	0	0	
主室空気量	m ³ N/h	589 ~ 626	686 ~ 725	
主室空気温度	℃	388 ~ 403	449 ~ 495	
二次室空気量	m ³ N/h	180 ~ 187	51 ~ 252	
二次室空気温度	℃	313 ~ 327	362 ~ 392	
後燃焼室空気量	m ³ N/h	223 ~ 241	0	
後燃焼室空気温度	℃	389 ~ 403	362 ~ 392	
各部温度	主燃焼室	℃	1347 ~ 1366	1352 ~ 1362
	二次室出口	℃	1109 ~ 1147	1077 ~ 1090
	後燃焼室出口	℃	973 ~ 1025	929 ~ 934
	空気予熱器出口	℃	751 ~ 774	731 ~ 736
	ガス冷却塔入口	℃	721 ~ 741	687 ~ 693
	ガス冷却塔出口	℃	205	199 ~ 200
	バグフィルタ入口	℃	174 ~ 177	174 ~ 178
バグフィルタ出口	℃	163 ~ 165	160 ~ 162	
スラグピット水温	℃	82.0 ~ 92.2	63.6 ~ 67.8	
スラグピット補給水量	l/h	189 ~ 325	240 ~ 354	
ガス冷却塔噴射水量(上)	l/h	130 ~ 151	90 ~ 117	
ガス冷却塔噴射水量(下)	l/h	212 ~ 235	229 ~ 237	
ガス冷却塔噴射水量	l/h	347 ~ 366	319 ~ 354	
噴射水苛性濃度	%	2.5	2.5	
石灰噴霧量	kg/h	1.56	1.56	

(2) 溶融生成物の性状

表3に溶融生成物の性状結果を示す。還元溶融においても酸化溶融と同様にSi、Al、Caなどの高沸点物質は溶融スラグへ、Na、Kなどの塩類並びにZn、Pbなどの低沸点重金属は溶融飛灰へ移行し、それぞれの含有割合が高くなる傾向を示した。溶融スラグ中のSi、Al、Caの3成分の合計は50%程度であった。また、ABS中に多量に含まれるSbの含有割合は溶融スラグ中で52mg/kgと低かったのに対して、溶融飛灰中では2100mg/kgと高く、溶融飛灰に濃縮される傾向を示した。

溶融飛灰中のCaとNaの含有割合が高いのは酸性ガス処理のために使用した苛性ソーダと石灰の影響である。

還元溶融と酸化溶融での溶融生成物におけるZn、Pbなどの低沸点物質およびSbに着目すると、還元溶融で得られた溶融スラグ中の含有割合は、Znが0.02%、Pbが30mg/kg、Sbが52mg/kgであり、酸化溶融時のZn:0.06%、Pb:61mg/kg、Sb:81mg/kgより若干低い結果となった。

表3 溶融生成物の性状

項目	単位	還元溶融		酸化溶融	
		溶融スラグ	溶融飛灰	溶融スラグ	溶融飛灰
Si	%	17.35	<0.1	20.6	1.4
Al	%	9.28	0.02	11.3	0.02
Ca	%	20.79	9.9	20.7	9.0
Fe	%	1.92	0.27	1.80	0.44
Na	%	1.7	20.2	1.54	16.8
K	%	0.46	7.52	0.67	13.9
Mg	%	2.38	0.09	2.28	0.07
P	%	1.10	0.07	0.92	0.05
T-Cl	%	0.96	32.9	0.30	37.6
T-S	%	0.01	0.86	0.34	2.09
T-Br	%	<0.01	1.27	<0.01	1.98
Zn	%	0.02	2.09	0.06	3.06
Sb	mg/kg	52	2100	81	4200
Mn	mg/kg	880	100	1200	150
Pb	mg/kg	30	5400	61	6100
Cu	mg/kg	1200	3400	600	2700
T-Cr	mg/kg	670	87	540	18
Ni	mg/kg	100	15	110	44
Cd	mg/kg	<10	93	<10	280
V	mg/kg	41	<10	58	<10
As	mg/kg	1.4	15	0.95	17
T-Hg	mg/kg	<0.01	0.15	<0.01	0.35
Cr ⁶⁺	mg/kg	<0.5	2.9	<0.5	<0.5
Se	mg/kg	<1.0	1.1	1.2	1.6
T-F	mg/kg	240	660	230	1000
B	mg/kg	330	170	110	24
○(計算値)	%	40.9	14.8	46.7	18.2
合計	%	97.2	91.2	107.5	106.1

(3) 排ガス性状

今回の実験における排ガス成分の測定結果を酸化実験時の結果と合わせて表 4 に示す。還元溶融時における炉出口の HCl+Cl₂、HBr+Br₂ 並びに NO_x の発生濃度は各々 1420mg/m³N、71mg/m³N、22ppm であり、また SO_x 濃度は 9.1ppm であった。

今回の還元溶融での酸性ガス類の発生濃度は、酸化溶融に比べ HCl+Cl₂、HBr+Br₂ で約 1/3、NO_x で約 1/2 の濃度となった。このように溶融室の雰囲気還元状態とすることでこれらの酸性ガスの発生は抑制される。SO_x の発生濃度に対する影響については今回の条件では確認できず、酸化溶融時の場合とほぼ同等であった。これらの酸性ガスはガス冷却塔での苛性ソーダまたは、バグフィルタ部での石灰噴霧により中和除去され、バグフィルタ出口で HCl+Cl₂ は 11mg/m³N、HBr+Br₂ は 1mg/m³N 未満、SO_x は 0.68ppm となった。ばいじん濃度は、炉出口:5.95g/m³N、バグフィルタ入口で 9.56g/m³N、バグフィルタ出口で 0.0014g/m³N であった。

表 4 排ガス性状

項目	単位	還元溶融			酸化溶融		
		炉出口	バグフィルタ入口	バグフィルタ出口	炉出口	バグフィルタ入口	バグフィルタ出口
排ガス量(乾き)	m ³ N/h	1390	1340	1340	1600	1300	1300
排ガス量(湿り)	m ³ N/h	1780	2170	2170	2000	2000	2000
排ガス温度	°C	1040	207	161	938	203	159
O ₂	%	4.1	6.4	6.5	6.3	7.9	8.4
CO	ppm	< 1	-	< 1	< 1	< 1	< 1
HCl+Cl ₂	mg/m ³ N	1420	24	11	4200	690	99
HBr+Br ₂	mg/m ³ N	71	< 1	< 1	310	14	7.8
SO _x	ppm	9.1	2.4	0.68	7.7	7.2	1.1
NO _x	ppm	22	-	24	47	-	47
ダスト濃度	g/m ³ N	5.95	9.56	0.0014	8.06	9.65	< 0.001
HCl	mg/m ³ N	1420	21	8.8	3800	410	29
Cl ₂	mg/m ³ N	1.3	2.8	2.2	370	270	68
HBr	mg/m ³ N	71	< 1	< 1	220	8.2	2.1
Br ₂	mg/m ³ N	< 1	< 1	< 1	85	5.8	5.6

注1: O₂、CO、ダスト濃度以外は全て O₂12%換算値。

注2: HCl、Cl₂、HBr、Br₂濃度は、参考値。

(4) 重金属類の挙動

今回の溶融実験における重金属成分の移行状況を把握するために、実験試料、溶融生成物、排ガス中の各成分の含有割合および排ガス測定時間帯における平均の物質質量から各成分の移行率を求めた。その結果を表5に示す。参考として酸化溶融時における溶融スラグ、溶融飛灰への移行率を併記した。表中の各値は INPUT (実験試料) 中の各成分量を 100%とした時の値である。各成分の OUTPUT TOTAL 値は必ずしも 100%にはならないが、これは分析値に種々の誤差が含まれることや溶融炉以降の排ガスライン (ガス冷却塔を除く) 中の堆積ダストを考慮していないことがその原因と考えられる。

各成分の収支は S、Br、Se を除いてほとんどの成分でよく一致している。Se については微量成分であることから分析誤差の影響によるものと推測されるが、S、Br については不明である。Na については実験試料からの供給量が 100%、ガス冷却塔で噴霧する苛性ソーダ希釈水からの供給量が 145%、OUTPUT TOTAL が 230%であり収支はよく一致している。実験試料中の Si、Al、Ca の高沸点成分はほとんど溶融スラグ中に移行した。また Fe、Mg、Mn も同様の傾向を示した。一方、低沸点成分である Zn、Pb および Sb は溶融飛灰中に濃縮される傾向を示した。

還元溶融時と酸化溶融時の重金属類の移行状況を比較すると、Si、Al、Ca、Fe、Mg、Mn はいずれの実験においてもほとんど溶融スラグ中に移行し差異はなかった。また、低沸点成分については Zn の溶融スラグ中への移行率が酸化溶融時では 16.3%であったのに対して還元溶融時では 4.6%であり、還元時には Zn がより揮散しやすい状況下にあったことがうかがえる。しかし Pb、Sb については還元時と酸化時で明確な差異は見られなかった。

表5 重金属類の収支

項目	INPUT TOTAL	薬剤		溶融スラグ	ガス冷却塔ダスト	溶融飛灰	バグフィルタ出口排ガス	OUTPUT TOTAL	参考(酸化溶融時)	
		Na	Ca						溶融スラグ	溶融飛灰
Si	100.0			118.0	0.1	0.0	-	118.1	92.9	0.7
Al	100.0			104.8	0.1	0.0	-	104.9	104.4	0.0
Ca	100.0		3.0	102.4	0.0	6.5	-	108.9	108.0	5.2
Fe	100.0			104.4	0.9	2.0	-	107.2	88.8	2.4
Mg	100.0			106.9	0.0	0.5	-	107.5	119.1	0.4
Mn	100.0			113.8	0.2	1.7	-	115.8	114.6	1.6
P	100.0			93.9	0.2	0.8	-	94.9	89.8	0.6
T-S	100.0			2.0	5.9	23.0	0.3	31.1	65.2	44.9
T-Cl	100.0			12.4	12.0	56.5	0.2	81.1	4.2	59.6
T-Br	100.0			0.0	-	52.1	0.4	52.5	0.0	72.3
T-F	100.0			56.9	-	20.9	-	77.8	66.5	32.4
Na	100.0	145.0		60.7	72.7	96.2	0.0	229.6	55.0	67.2
K	100.0			27.8	6.1	60.7	0.0	94.7	29.1	67.8
Zn	100.0			4.6	-	64.3	0.0	68.9	16.3	91.9
Pb	100.0			5.2	-	125.2	0.0	130.5	4.2	47.0
Cu	100.0			53.9	-	20.4	0.0	74.3	39.9	20.1
Cd	100.0			0.0	-	70.6	-	70.6	0.0	98.6
As	100.0			30.0	-	42.8	0.0	72.8	14.1	28.4
T-Hg	100.0			0.0	-	5.0	60.5	65.5	0.0	10.5
Cr ⁶⁺	100.0			0.0	-	11.8	-	11.8	0.0	0.0
Sb	100.0			30.0	-	42.8	0.0	72.8	7.5	43.3
V	100.0			97.2	-	0.0	-	97.2	108.1	0.0
T-Cr	100.0			105.9	-	1.8	-	107.7	112.6	0.4
Ni	100.0			77.6	0.4	1.6	-	79.6	72.3	3.2
Se	100.0			0.0	-	187.1	-	187.1	97.6	14.6
B	100.0			85.4	-	5.9	-	91.2	107.9	2.6

注: 表中の各成分値は実験試料中の各成分量を100とした時の値

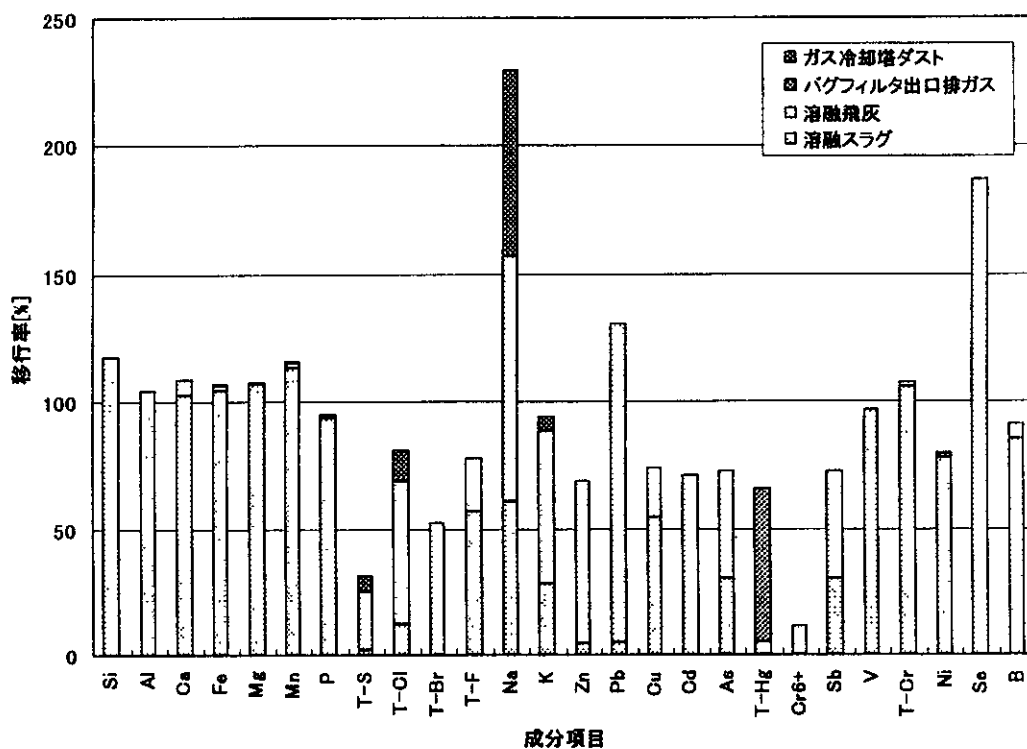


図5 重金属類の移行率

(5) PBDE 及び DXNs の挙動

(i) PBDE の挙動

表6に実験試料中のPBDE濃度および溶融スラグ、溶融飛灰中のPBDE濃度を示す。実験試料中のPBDE濃度はABS樹脂中のPBDE濃度から計算した値である。前回の酸化溶融時には溶融スラグ中で3.1ng/g、溶融飛灰中で3.9ng/gのPBDEが検出されたが、今回の実験で得られた溶融生成物中にPBDEは検出されなかった。

表6 固形物中のPBDE濃度

[単位: ng/g]

項目	ABS樹脂	実験試料 (計算値)	還元溶融		酸化溶融	
			溶融スラグ	溶融飛灰	溶融スラグ	溶融飛灰
T4BDE	510000	12255	N.D. < 0.17	N.D. < 0.13	N.D. < 0.1	N.D. < 0.1
P5BDE	230000	5527	N.D. < 0.17	N.D. < 0.13	0.77	0.82
H6BDE	34000	817	N.D. < 0.17	N.D. < 0.13	0.88	1.3
H7BDE	18000	433	N.D. < 0.34	N.D. < 0.25	0.67	0.88
O8BDE	160	4	N.D. < 0.68	N.D. < 0.51	0.73	0.86
N9BDE	3300	79	N.D. < 1.4	N.D. < 1.0	N.D. < 0.8	N.D. < 0.9
D10BDE	4400	106	N.D. < 2.7	N.D. < 2.0	N.D. < 1.6	N.D. < 1.8
Total PBDE	800000	19225	N.D.	N.D.	3.1	3.9

(ii) 臭素化 DXNs の挙動

表 7 に実験試料、溶融生成物、排ガス中の臭素化 DXNs 濃度を示す。また図 6 に溶融生成物中の臭素化 DXNs 同族体分布を、図 7 に排ガス中の臭素化 DXNs 同族体分布を示す。

実験試料中の臭素化 DXNs はそのほとんどが ABS 樹脂に起因するものであり、混合の結果、臭素化 DXNs 濃度は約 760ng/g となり、同族体分布では O8BDF の濃度が高かった。溶融処理により実験試料中の臭素化 DXNs はそのほとんどが分解されたが、溶融スラグでは 0.24ng/g、また溶融飛灰では 2.0ng/g 観測された。溶融スラグ、溶融飛灰中の臭素化 DXNs の同族体分布では、ともに PBDFs に分布が偏り T4~H7BDFs の濃度が高かった。

排ガス中の臭素化 DXNs 濃度は溶融炉出口では 3.4ng/m³N、バグフィルタ入口では 3.2ng/m³N、バグフィルタ出口では 1.6ng/m³N であった。排ガス中の臭素化 DXNs の同族体分布では各測定点で T4~H6BDDs および T4~H7BDFs が検出されたが、バグフィルタ入口とバグフィルタ出口で分布パターンが変化しており、PBDFs の高塩素化物がバグフィルタ部で除去された傾向を示した。

表 7 臭素化 DXNs 測定結果

項目	実験試料	溶融生成物		排ガス		
		溶融スラグ	溶融飛灰	後燃焼室出口	バグフィルタ入口	バグフィルタ出口
	実測濃度	実測濃度		O ₂ 12%換算濃度		
	ng/g	ng/g		ng/m ³ N		
T4BDDs	0.16	0.004	0.060	0.84	1.1	0.59
P5BDDs	0.026	0.002	0.029	0.05	0.18	0.21
H6BDDs	0.010	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.040
H7BDDs	0.009	N.D.	0.004	N.D.	N.D.	N.D.
O8BDD	0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PBDDs	0.21	0.006	0.093	0.89	1.3	0.84
T4BDFs	4.0	0.020	0.15	0.68	0.31	0.33
P5BDFs	29	0.059	0.60	0.51	0.45	0.30
H6BDFs	72	0.068	0.89	0.82	0.89	0.12
H7BDFs	93	0.082	0.22	0.46	0.27	0.030
O8BDF	555	N.D.	0.028	N.D.	N.D.	N.D.
PBDFs	761	0.23	1.9	2.5	1.9	0.78
PBDDs+PBDFs	761	0.24	2.0	3.4	3.2	1.6

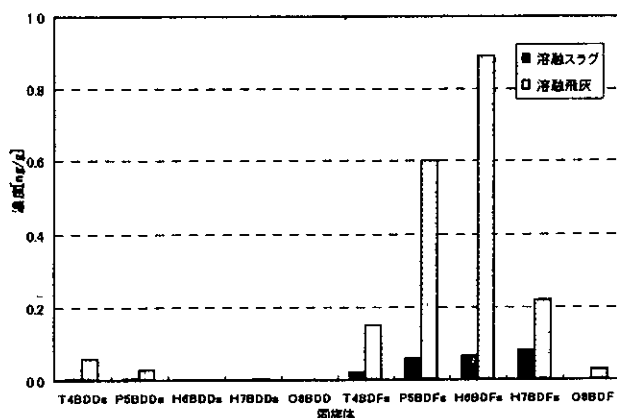


図 6 溶融生成物中の臭素化 DXNs 分布

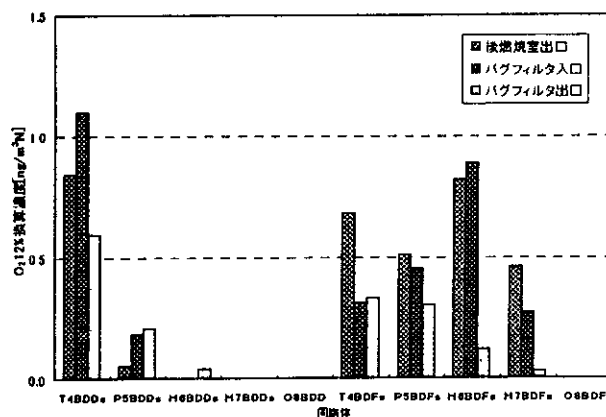


図 7 排ガス中の臭素化 DXNs 分布

(iii) 塩素化 DXNs の挙動

表 8 に実験試料、溶融生成物、排ガス中の塩素化 DXNs 濃度を、また図 8 と図 9 に溶融生成物と排ガス中の同族体分布を示す。

実験試料中の塩素化 DXNs 濃度は約 1600ng/g であったが、臭素化 DXNs の場合と同様に分解され、溶融スラグ中の DXNs 濃度は 0.27ng/g、溶融飛灰中の DXNs 濃度は 2.8ng/g となった。また溶融生成物の同族体分布については、溶融スラグでは各同族体濃度は低い。これに対し、溶融飛灰では PCDDs が高く特に T4~H6CDDs の濃度が高い分布を示した。

排ガス中の塩素化 DXNs 濃度については溶融炉出口で 19ng/m³N であったものがバグフィルタ入口で 48ng/m³N、バグフィルタ出口で 90ng/m³N と排ガス処理系並びにバグフィルタ部で増加した。同族体分布については PCDDs ではバグフィルタ部での増加が顕著であり、PCDFs ではバグフィルタ入口まででの再合成が目立つとともにバグフィルタでも若干増加している。

表 8 塩素化 DXNs 測定結果

項目	実験試料	溶融生成物		排ガス		
		溶融スラグ	溶融飛灰	後燃焼室出口	バグフィルタ入口	バグフィルタ出口
	実測濃度	実測濃度		O ₂ 12%換算濃度		
	ng/g	ng/g		ng/m ³ N		
T4CDDs	657	0.0	0.65	3.9	1.8	6.5
P5CDDs	441	0.013	0.43	3.6	2.9	8.4
H6CDDs	291	0.01	0.48	3.3	4.5	14
H7CDDs	55	0.041	0.32	1.8	3.9	9.7
O8CDD	13	0.02	0.2	0.88	1.9	3.1
PCDDs	1503	0.092	2	13	15	42
T4CDFs	25	0.016	0.14	1.3	6.0	10
P5CDFs	26	0.025	0.17	1.5	8.8	14
H6CDFs	25	0.036	0.23	1.4	10	13
H7CDFs	8.2	0.06	0.16	1.3	5.8	7.6
O8CDF	1.9	0.043	0.11	0.64	2.3	3.3
PCDFs	87	0.18	0.91	6.1	33	48
PCDDs+PCDFs	1597	0.27	2.8	19	48	90
TEQ	7.7	0.0033	0.031	0.22	1.2	1.6

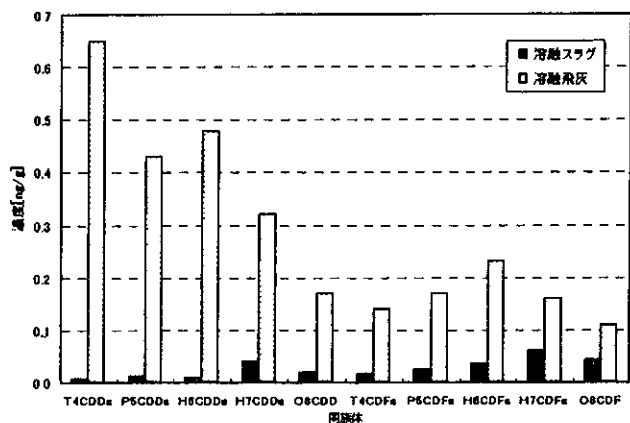


図 8 溶融生成物中の塩素化 DXNs 分布

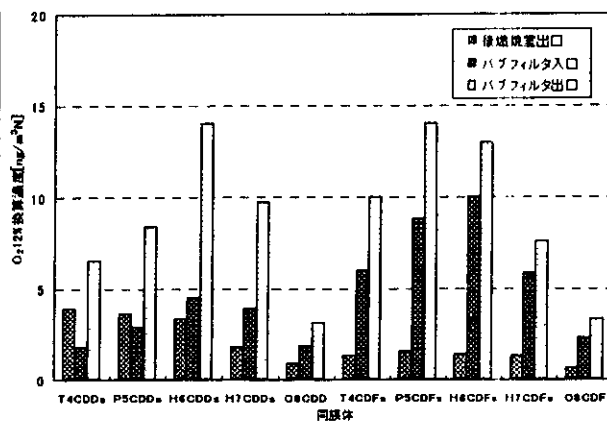


図 9 排ガス中の塩素化 DXNs 分布

(iv) プロモベンゼン、プロモフェノールの挙動

表 9 に溶融生成物および排ガス中のプロモベンゼン、プロモフェノール濃度を示す。溶融スラグ、溶融飛灰ではプロモベンゼン、プロモフェノールともに検出されなかった。排ガスにおいては後燃焼室出口では検出されず、バグフィルタ入口、出口ではプロモフェノールがそれぞれ 1500ng/m³N、140ng/m³N と検出された。

表 9 溶融生成物中および排ガスの BB、BP 濃度

項目	溶融生成物		排ガス			
	溶融スラグ	溶融飛灰	後燃焼室出口	バグフィルタ入口	バグフィルタ出口	
	実測濃度		O ₂ 12%換算濃度			
	ng/g		ng/m ³ N			
プロモベンゼン	M1BB	N.D. < 2.5	N.D. < 2.5	N.D. < 180	N.D. < 130	N.D. < 52
	D2BB	N.D. < 2.5	N.D. < 2.5	N.D. < 180	N.D. < 130	N.D. < 52
	T3BB	N.D. < 2.5	N.D. < 2.5	N.D. < 180	N.D. < 130	N.D. < 52
	T4BB	N.D. < 2.5	N.D. < 2.5	N.D. < 180	N.D. < 130	N.D. < 52
	P6BB	N.D. < 2.5	N.D. < 2.5	N.D. < 180	N.D. < 130	N.D. < 52
	H6BB	N.D. < 2.5	N.D. < 2.5	N.D. < 180	N.D. < 130	N.D. < 52
	Total	N.D. < 2.5	N.D. < 2.5	N.D. < 180	N.D. < 130	N.D. < 52
プロモフェノール	M1BP	N.D. < 5.0	N.D. < 5.0	N.D. < 360	1300	140
	D2BP	N.D. < 5.0	N.D. < 5.0	N.D. < 360	200	N.D. < 104
	M3BP	N.D. < 5.0	N.D. < 5.0	N.D. < 360	N.D. < 260	N.D. < 104
	T4BP	N.D. < 5.0	N.D. < 5.0	N.D. < 360	N.D. < 260	N.D. < 104
	P6BP	N.D. < 5.0	N.D. < 5.0	N.D. < 360	N.D. < 260	N.D. < 104
	Total	N.D. < 5.0	N.D. < 5.0	N.D. < 360	1500	140
BBs+BPss		N.D.	N.D.	N.D.	1500	140

(v) 還元溶融と酸化溶融での DXNs の挙動

表 10 に還元溶融時と酸化溶融時での溶融生成物中の DXNs 濃度を、また表 11 に排ガス中の DXNs 濃度を示した。溶融生成物のうち溶融スラグの塩素化 DXNs 濃度は還元溶融時と酸化溶融時でほぼ同等であったのに対して溶融飛灰では酸化溶融時の約 3 倍の濃度となった。臭素化 DXNs については酸化溶融時と比較して、低濃度であるが還元溶融時の溶融スラグで約 15 倍、溶融飛灰で約 40 倍高い値を示した。

表 10 溶融生成物中の DXNs 濃度の比較

項目	単位	還元溶融		酸化溶融	
		溶融スラグ	溶融飛灰	溶融スラグ	溶融飛灰
BBs	ng/g	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
BPss	ng/g	N.D.	N.D.	N.D.	11
PBDDs	ng/g	0.006	0.083	N.D.	0.013
PBDFs	ng/g	0.23	1.9	0.014	0.031
PBDDs+PBDFs	ng/g	0.24	2	0.014	0.044
PCDDs	ng/g	0.082	2	0.23	0.66
PCDFs	ng/g	0.18	0.81	0.15	0.22
PCDDs+PCDFs	ng/g	0.27	2.8	0.38	0.88
TEQ	ng/g	0.0033	0.031	0.0055	0.0097

表 11 排ガス中の DXNs 濃度の比較

項目	単位	還元溶融			酸化溶融		
		後燃焼室出口	バグフィルタ入口	バグフィルタ出口	後燃焼室出口	バグフィルタ入口	バグフィルタ出口
PCDDs	ng/m ³ N	13	15	42	21	7.7	41
PCDFs	ng/m ³ N	6.1	33	48	6.2	18	26
PCDDs+PCDFs	ng/m ³ N	19	48	90	27	26	67
TEQ	ng/m ³ N	0.22	1.2	1.6	0.21	0.49	0.90
BBs	ng/m ³ N	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	220
BPss	ng/m ³ N	N.D.	1500	140	260	420	900
PBDDs	ng/m ³ N	0.89	1.3	0.84	0.050	N.D.	1.7
PBDFs	ng/m ³ N	2.5	1.9	0.78	3.3	0.73	1.7
PBDDs+PBDFs	ng/m ³ N	3.4	3.2	1.6	3.4	0.73	3.4

注：表中の値は全て O₂12%換算値

排ガス中の DXNs 濃度については後燃焼室出口では塩素化 DXNs、臭素化 DXNs とも、ほぼ同等の濃度であったが、塩素化 DXNs ではバグフィルタ入口までの増加率が約 3 倍と酸化溶融時での増加率に比べやや大きい値を示した。臭素化 DXNs では酸化溶融時には後燃焼室出口からバグフィルタにかけて PBDDs、PBDFs とも減少したのに対し、還元溶融では PBDDs の若干の増加が見られた。特に異なった傾向としては酸化溶融ではバグフィルタ部で増加した事に対して、還元溶融では除去された点であり、これが先述の溶融飛灰の臭素化 DXNs の濃度増加の要因になったと考えられる。

また還元溶融では BPss が後燃焼室出口からバグフィルタ入口までに生成され、その濃度は酸化溶融時の 3 倍となったことやバグフィルタ部で減少したことが酸化溶融時とは異なる傾向といえる。

次に還元溶融と酸化溶融での臭素化 DXNs および塩素化 DXNs 同族体分布の比較として図 10、11 に実験試料中の分布を、図 12、13 に溶融スラグ中の分布を、図 14、15 に溶融飛灰中の分布を示す。

実験試料中の臭素化 DXNs 分布については還元溶融時と酸化溶融時ではほぼ同等であり、ABS 樹脂の影響で O8BDF に分布が偏った。また、塩素化 DXNs 分布については還元溶融時の実験試料での T4CDDs~H6CDDs の濃度が高いものの分布の傾向はほぼ同様であった。

スラグ中の臭素化 DXNs については還元溶融時と酸化溶融時では全く異なった傾向を示しており T4BDFs~H7BDFs の濃度が還元溶融時に高くなった。これに対し塩素化 DXNs では PCDDs 側で分布に差異が生じているとともに PCDFs 側でも高塩素化物が高い分布を示した。

溶融飛灰中の臭素化 DXNs 分布については溶融スラグの場合と同様に酸化溶融時との傾向に差異があり、P5BDFs、H6BDFs の濃度が高かった。一方、溶融飛灰中の塩素化 DXNs については還元溶融時の PCDDs の低塩素化物の濃度が高い分布を示し酸化溶融時と異なったが、全体的に PCDDs 側が高く、PCDFs 側が低く酸化溶融時と同様の分布傾向を示した。

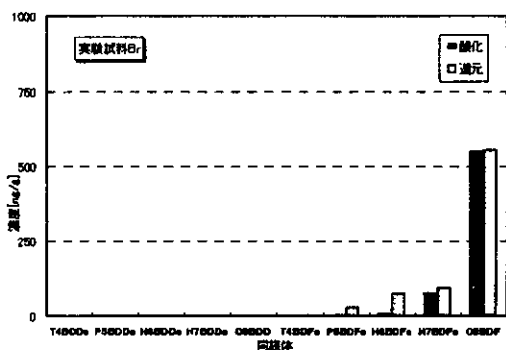


図 10 臭素化 DXNs 同族体分布の比較 (実験試料)

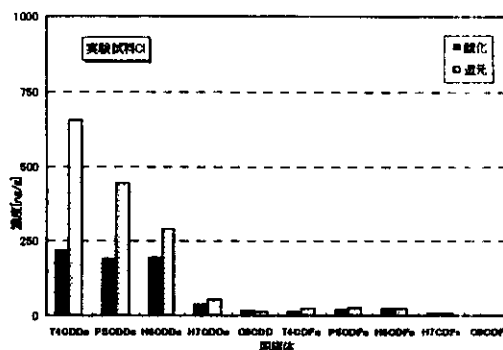


図 11 塩素化 DXNs 同族体分布の比較 (実験試料)

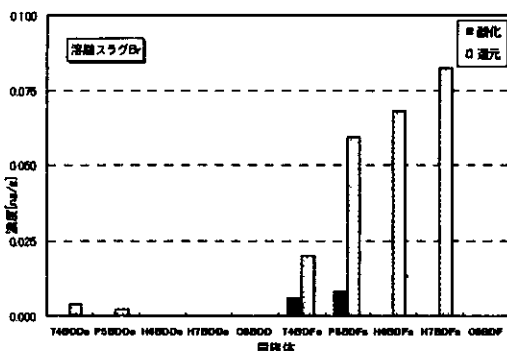


図 12 臭素化 DXNs 同族体分布の比較 (溶融スラグ)

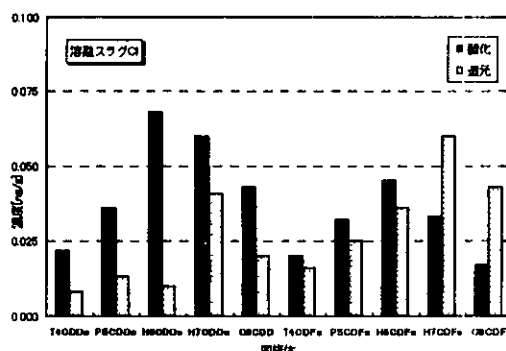


図 13 塩素化 DXNs 同族体分布の比較 (溶融スラグ)

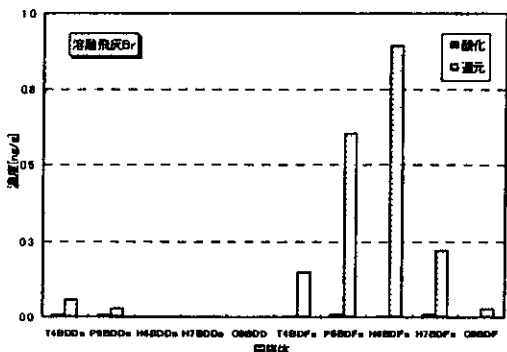


図 14 臭素化 DXNs 同族体分布の比較 (溶融飛灰)

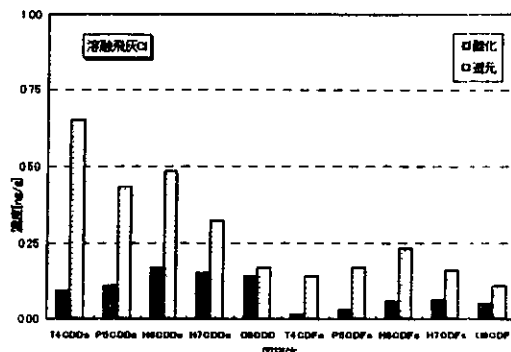


図 15 塩素化 DXNs 同族体分布の比較 (溶融飛灰)

還元溶融と酸化溶融での排ガス中の臭素化 DXNs および塩素化 DXNs 同族体分布の比較として図 16、17 に後燃焼室出口排ガス中の分布を、図 18、19 にバグフィルタ入口排ガス中の分布を、図 20、21 にバグフィルタ出口排ガス中の分布を示す。

後燃焼室出口排ガス中の臭素化 DXNs 分布から、酸化溶融時にはほとんど検出されなかった T4BDDs が還元溶融時には高濃度に検出された。バグフィルタ入口においても同様に検出され、また H6BDFs の濃度も高かった。しかしバグフィルタ出口においては同様の分布を示した。これは酸化溶融時のバグフィルタ部での臭素化 DXNs の再合成と還元溶融時のバグフィルタ部での臭素化 DXNs の除去の影響が相まったためであると考えられる。また図 17、19、21 に示した塩素化 DXNs 分布においては濃度に若干の差異が見られるものの、分布は同様の傾向を示した。

以上の結果から還元溶融と酸化溶融での臭素化 DXNs の挙動は大きく異なり、炉内雰囲気は臭素化 DXNs の分解や生成に鋭敏な影響を与えると考えられる。

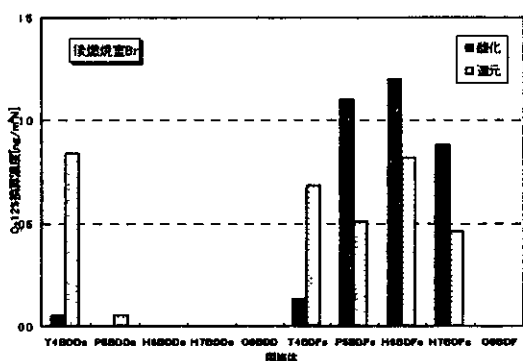


図 16 臭素化 DXNs 同族体分布の比較
(後燃焼室出口排ガス中)

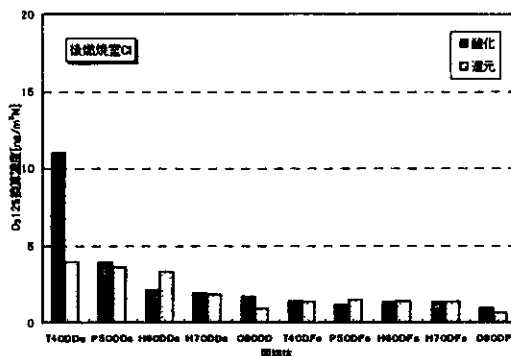


図 17 塩素化 DXNs 同族体分布の比較
(後燃焼室出口排ガス中)

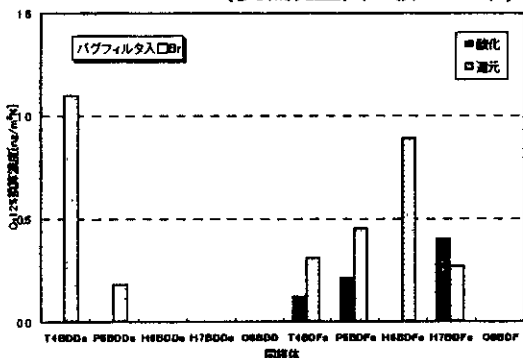


図 18 臭素化 DXNs 同族体分布の比較
(バグフィルタ入口排ガス中)

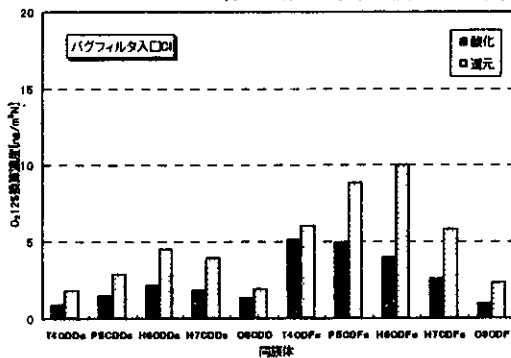


図 19 塩素化 DXNs 同族体分布の比較
(バグフィルタ入口排ガス中)

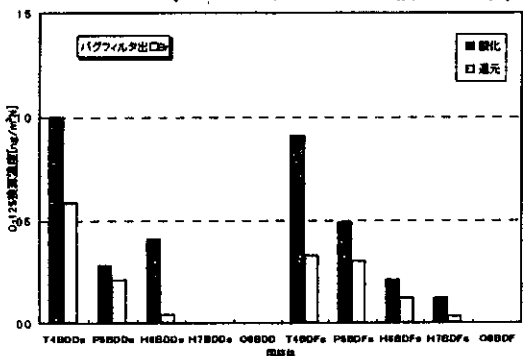


図 20 臭素化 DXNs 同族体分布の比較
(バグフィルタ出口排ガス中)

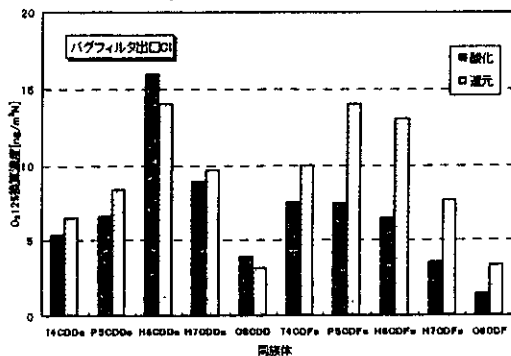


図 21 塩素化 DXNs 同族体分布の比較
(バグフィルタ出口排ガス中)

(vi) DXNs 収支

図 22 に DXNs の収支計算結果を模式的に示す。臭素化 DXNs の収支を例に挙げると溶融炉に約 131000000ng/h の DXNs が導入された。溶融炉内でそれらは高度に分解され、溶融スラグ中に含有され持ち出された DXNs 量は 33360ng/h であり、後燃焼室出口排ガスから持ち出された DXNs 量は 8757ng/h であった。その結果溶融炉本体における DXNs 分解率は 99.97% であった。後燃焼室出口から持ち出された DXNs は、排ガス処理システムを経てバグフィルタで溶融飛灰から 37074ng/h が持ち出され、バグフィルタ出口排ガスから 3618ng/h が持ち出された。その結果溶融システム全体での DXNs 分解率は 99.94% であった。また塩素化 DXNs の分解率は溶融炉本体では 99.97% (TEQ 換算：99.94%) であり、溶融システム全体では 99.90% (TEQ 換算：99.76%) であった。このように還元溶融時においても酸化溶融時と差異なく DXNs は分解された。

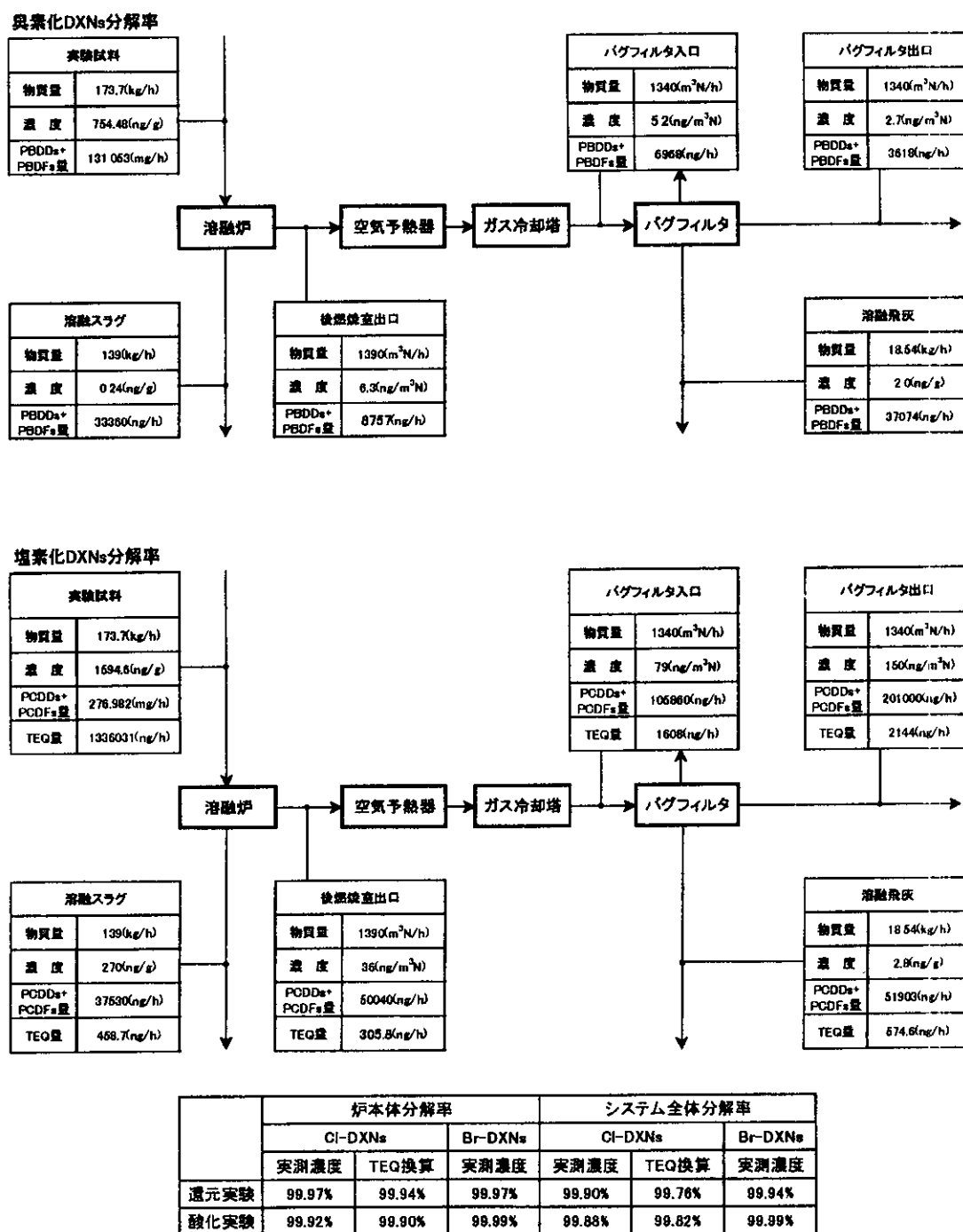


図 22 DXNs 収支の模式図

4. まとめ

今回の調査結果を以下にまとめる。

- (1) 空気比制御による溶融室の還元状態の維持並びに還元状態での溶融処理も安定的に行えた。
- (2) 還元溶融においても、実験試料中の低沸点重金属類、塩素、臭素並びに難燃材に起因する Sb も溶融過程で揮散し溶融飛灰中に濃縮された。また溶融スラグ中の Zn、Pb、Sb の含有割合は酸化溶融時に比べ低かった。
- (3) 還元状態での溶融は酸性ガス発生抑制に効果があり、溶融炉出口での HCl、HBr、NO_x の発生濃度は酸化溶融時に比べ 1/2～1/3 程度に低減化された。
- (4) 還元溶融においても溶融スラグ並びに溶融飛灰中の PBDE 濃度は非常に低く、被溶融物中の PBDE はそのほとんどが分解された。
- (5) 溶融生成物中の臭素化 DXNs 濃度は、低濃度ではあるものの酸化溶融時より高かった。
- (6) 溶融排ガス中の臭素化 DXNs、塩素化 DXNs 濃度は溶融炉出口では酸化溶融時とほぼ同等であったが、続く排ガス処理システム内での臭素化 DXNs の挙動には差異があり、酸化溶融においてはバグフィルタ部で増加したのに対して還元溶融においては除去された。
- (7) 溶融生成物、溶融排ガス中の臭素化 DXNs の同族体分布は溶融雰囲気の違いにより大きく変化した。
- (8) 臭素化 DXNs、塩素化 DXNs ともに分解され、その分解率は溶融炉本体で 99.9%以上となった。

今後の課題として、還元溶融時の排ガス処理過程、特にバグフィルタ部での臭素化 DXNs 並びに塩素化 DXNs の挙動の把握と再合成の抑制方法の検討などが挙げられ、今後ともダイオキシン類の極小化に向けた研究調査を進める予定である。

4. 2 清掃工場における臭素の由来と挙動調査

1. 目的

焼却に伴い発生するダイオキシン等の有害物質に対して社会的意識が高まる中、ごみ焼却施設の排ガスについては、平成9年8月の大気汚染防止法改正により、新たに、ダイオキシン類の基準値が設けられた。基準値が設けられたのは塩素化ダイオキシン類ではあるが、清掃工場には塩素化合物ばかりでなく、農薬や難燃用途材料に用いられる臭素化合物もごみとして持ち込まれる。特に、臭素系難燃剤からは、有害な臭素化ダイオキシン類(PBrDD/DFs)の発生も報告されている。

従って、これまでに調査例の少ない清掃工場におけるPBrDD/DFsを含む臭素化合物の発生量と挙動を調査するとともに、その由来として、一般的な家庭ごみと有機臭素化合物の含有が多いであろう廃家電製品を含む破碎ごみについて臭素の含有量調査を行った。

2. 調査方法

2.1 由来調査

清掃工場に搬入される臭素がどのようなごみ質に由来するかを調べるために、家庭ごみおよび破碎ごみ(磁選機選別後)を物理組成別に分類し、分類毎に全臭素の含有量測定した。特に、臭素系難燃剤を含む破碎ごみについては、搬入されるごみの物理組成および臭素含有量においてバラツキが大きいため、サンプリング回数、分析回数を増やした。

全臭素の含有量測定は、家庭ごみでは、物理組成比率の高い、紙類、合成樹脂、厨芥類、繊維類およびゴム皮革の5品目とし、破碎ごみでは、紙類、合成樹脂、木類、繊維類およびゴム皮革としたが、廃家電等に臭素が含まれることから、合成樹脂をさらに「黒色」と「その他」に分けた6品目とした。

また、全臭素の含有量の多かった廃テレビの樹脂カバー、廃PCモニターについてそれぞれ1検体ずつ臭素化ダイオキシン類の測定を行った。

2.2 挙動調査

焼却ごみの違いによる臭素の発生挙動をみるため、表2-1に示す家庭ごみのみを焼却するN工場と、家庭ごみと事業系ごみに加えて廃家電や廃木材等の破碎ごみを焼却するS2工場を対象に調査を行った。S2工場については、廃家電の混焼影響を探索するため、通常時の破碎ごみを混焼した場合のほか、ほぼ廃家電のみを焼却した場合の2ケースについて調査をした。

測定は2清掃工場で、燃さい、EP灰、排ガス、排水を対象にサンプリングし、それぞれの臭素及び臭素化ダイオキシン類の濃度を測定した。測定結果からごみ1tあたりのそれぞれの発生量およびそのマスバランスを調査した。

表 2-1 調査対象清掃工場

	N工場 ケース 1	S2工場	
		ケース 2 (通常)	ケース 3 (廃家電)
焼却対象ごみ	家庭ごみ 100%	家庭ごみ 30% 業者ごみ 45% 破碎ごみ* 25%	家庭ごみ 50% 業者ごみ 破碎ごみ* 50%
焼却能力	200 t / 24h × 2基	200 t / 24h × 3基	
排ガス処理方法	消石灰噴霧及び電気集塵器	消石灰噴霧及び電気集塵器	

* 破碎ごみ：ケース2は通常の廃家電、家具、解体木屑等混合(表参考)、ケース3は廃家電のみ

3. 調査結果と考察

3.1 由来調査

(1) 全臭素含有量

家庭ごみおよび破碎ごみの組成別全臭素測定結果を表 3-1 に示す。

家庭ごみの全臭素は、紙類が 7.1 mg/kg、次に、繊維類、合成樹脂が 4.4、4.2 mg/kg で厨芥類、ゴム皮革は 1 mg/kg 未満であった。

破碎ごみの全臭素は、合成樹脂「黒色」が約 1300 mg/kg、次に、繊維類、合成樹脂「その他」が 74、67 mg/kg であり、いずれも家庭ごみを大きく上回った。物理組成比率の高い木類は 4.5 mg/kg で家庭ごみの紙類、繊維類、合成樹脂とほぼ同等のレベルであった。含有量の多かった合成樹脂「黒色」の中には、廃テレビの樹脂カバーが偏在しており、測定 4 回のバラツキは 319~3701 mg/kg と大きかった。また、個別に廃家電のテレビの樹脂カバー、PC モニター等の臭素含有量を測定した結果は、品目でバラツキはあるものの 80 mg/kg~3% に達した。

表 3-1 組成別全臭素測定結果

家庭ごみ	全臭素	破碎ごみ	全臭素
単位	mg/kg	単位	mg/kg
紙類	7.1	紙類	5.7
合成樹脂	4.2	合成樹脂（黒色）	1270
厨芥類	<1	合成樹脂（その他）	67
繊維	4.4	木類	4.5
ゴム皮革	<1	繊維	74
		ゴム皮革	<1

(湿ベース)

(2) 臭素の由来

組成別の全臭素測定結果から、家庭ごみおよび破碎ごみのごみ 1 t あたりの臭素量を求めるとそれぞれ 3 g、68 g であった。(表 3-2 参照)

寄与率は、家庭ごみでは臭素量は少ないものの紙類が約 77%、破碎ごみでは合成樹脂「黒色」が約 86% であり、臭素量としては 58 g/t であった。

表 3-2 ごみ 1 t あたり(湿ベース)の臭素量

家庭ごみ				破碎ごみ			
物理組成	ごみ 1 t あたりの成分量 (kg/t)	ごみ 1 t あたりの臭素量 (g/t)	寄与率 (%)	物理組成	ごみ 1 t あたりの成分量 (kg/t)	ごみ 1 t あたりの臭素量 (g/t)	寄与率 (%)
紙類	294.6	2.1	76.7	紙類	39.7	0.23	0.3
合成樹脂	106.5	0.45	16.4	合成樹脂「黒色」	46.0	58.4	85.5
厨芥類	385.1	0	0	合成樹脂「その他」	73.0	4.9	7.2
繊維類	42.7	0.19	6.9	木類	580.5	2.6	3.8
ゴム皮革	14.2	0	0	繊維類	29.6	2.2	3.2
				ゴム皮革	4.5	0	0
合計		2.74	100	合計		68.3	100

(3) 臭素化ダイオキシン類測定

全臭素の含有量の多かった廃テレビの樹脂カバー、廃PCモニターについて臭素化ダイオキシン類測定を行った。結果を表3-3に示す。

今回の調査では、廃テレビの樹脂カバーが34000 ng/g、PCモニターが0.18 ng/gと1検体ずつではあるが両者に大きな差がみられた。特に、廃テレビの樹脂カバーの同族体分布において7臭化ジベンゾフラン類が非常に多かった。(図3-1参照)

表3-3 臭素化ダイオキシン類の測定結果

	廃テレビカバー (A社)	廃PCモニター(B社)
PBrDDs	8.4	ND
PBrDFs	34000	0.18
PBr-DD/DFs	34000	0.18

ND：検出せず 単位：ng/g (乾ベース)

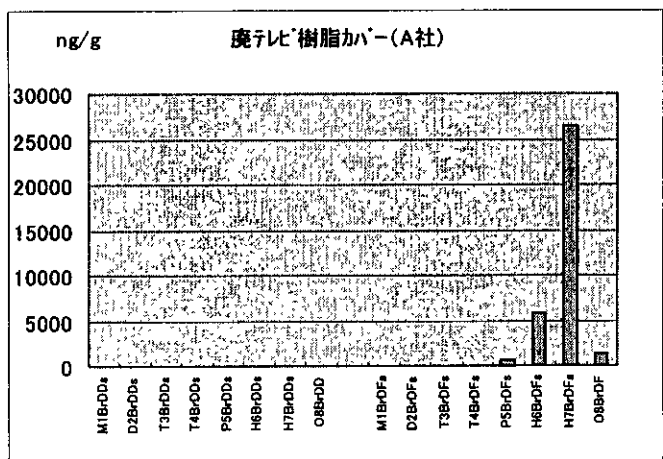


図3-1 廃テレビ樹脂カバーの臭素化ダイオキシン類の同族体分布

3.2 挙動調査

N工場で家庭ごみのみを焼却する場合(ケース1)、S2工場で家庭ごみと事業系ごみ及び通常の破碎ごみを混焼する場合(ケース2)、および、S2工場で通常の破碎ごみに換えて廃家電のみを破碎して焼却する場合(ケース3)の調査結果を表3-4に示す。

また、調査の結果、臭素化ダイオキシン類と無機臭素の挙動が大きく異なることから、再確認のために各種灰の臭素化ダイオキシン類の調査をケース2について行った。その結果を表3-5に示す。

(1) 無機臭素

排ガスのボイラー出口の濃度は、ケース1が0.2 mg/m³N未満であるのに対し、廃家電破碎ごみ焼却時のケース3では62 mg/m³Nであった。最終排ガス(E P出口)の濃度は、0.2未満~5.4 mg/m³Nの範囲であった。

燃さいの含有量は2.0~8.5 mg/kgの範囲でケース1が最も高く、E P灰の含有量は210~3300 mg/kgの範囲でケース3が最も高かった。

(2) 臭素化ダイオキシン類

排ガスの濃度範囲は、ケース1、2、3の順に1.3~1.5、3.3~8.2、10~19 ng/m³Nであり、廃家電破碎ごみを焼却したケース3の濃度が高く、無機臭素と同様の結果であった。なお、同時に測定した

塩素化ダイオキシン類の濃度範囲は160~2100 ng/m³Nであり、これと比較すると臭素化ダイオキシン類の濃度は比較的低濃度であった。

燃さいは、排ガスと同様にケース3が27 ng/gで最も高く、EP灰は、ケース2、3で13、12 ng/gとほぼ同レベルであったが、各焼却ケースの比較では、燃さいで約100倍、EP灰で約26倍の差があり、無機臭素と比べ差は大きかった。

ケース2について再測定した結果は、燃さい、EP灰およびボイラー灰はそれぞれ7.0、1.3、1.3 ng/gであった。

同族体分布は、排ガスでは2臭化以下の低臭素化合物が主体であり、4臭化物以上はほとんど検出されず、一方、燃さいではほぼジベンゾフラン類のみ検出し、特に3~6臭化物が多かった。また、燃さい、ボイラー灰、EP灰とガスの流れが進むにしたがって高臭素化合物の割合が減少する傾向がみられた。(図3-2参照)

表3-4 挙動調査結果

工場	測定項目	測定 ポイント	排ガス (12%酸素換算)			焼却残渣		排水 汚濁水
			ボイラー 出口	EP 入口	EP 出口	EP灰	燃さい	
			unit	unit/m ³ N	unit/m ³ N	unit/m ³ N	(乾ベース)	
N工場 ケース1	無機 Br	mg	<0.2	0.68	<0.2	0.21	0.0085	<1
	PBr-DD/DFs	ng	1.4	1.3	1.5	0.46	0.24	0.14
S2工場 ケース2	無機 Br	mg	8.8	7.8	1.3	1.9	0.0066	—
	PBr-DD/DFs	ng	8.2	5.3	3.3	13	8.8	—
S2工場 ケース3	無機 Br	mg	62	19	5.4	3.3	0.0020	—
	PBr-DD/DFs	ng	11	10	19	12	27	—

表3-5 各種灰のダイオキシン類の測定結果

	燃さい	ボイラー灰	EP灰
PBrDDs	ND	0.048	0.66
PBrDFs	7.0	1.3	0.62
PBr-DD/DFs	7.0	1.3	1.3

ND：検出せず 単位：ng/g (乾ベース)

(3) 臭素の挙動

挙動側からみた各焼却ケースの臭素の発生量は、家庭ごみのみを焼却する場合(ケース1)が8 g/t、家庭ごみと事業系ごみ及び通常の破碎ごみを混焼する場合(ケース2)が40 g/t、通常の破碎ごみに換えて廃家電のみを破碎して焼却する場合(ケース3)が110 g/tであった。(表3-6参照)

発生量の約90%以上は排ガスラインに移行し、その多くはEP灰として発生するが、ケース3においては約30%が最終排ガスとして存在していた。

一方、臭素化ダイオキシン類の発生量は、ケース1が0.06 mg/t、ケース2が1.4 mg/t、ケース3が3.9 mg/tであった。ケース2で各種灰を再測定した結果で発生量を計算すると1.0 mg/tとなった。(表3-7参照)

全臭素の挙動は排ガスラインにその多くが移行するが、臭素化ダイオキシン類は燃さいに発生量の

44～96%が移行し、特に、廃家電を含む破碎ごみを混合焼却する場合が高かった。(図 3-3 参照)

表 3-6 清掃工場における臭素の挙動
ごみ 1 t (湿バ'-ス)あたりの発生量)

	ケース1		ケース2		ケース3		
	発生量 g/t	%	発生量 g/t	%	発生量 g/t	%	
燃さい	1.0	13	0.7	2	0.3	0	
灰汚水	<0.21	0	—	—	—	—	
排ガスライン	7.0	87	39.7	98	110	100	
最終排ガス	EP灰	7.0	87	32.9	81	73.9	67
		<2.1	0	6.8	17	36.1	33
合計	8.0	100	40.4	100	110.3	100	

表 3-7 清掃工場における臭素化ダイオキシン類の挙動
ごみ 1 t (湿バ'-ス)あたりの発生量)

	ケース1		ケース2		ケース3		ケース2(2回目)		
	発生量 μg/t	%	発生量 μg/t	%	発生量 μg/t	%	発生量 μg/t	%	
燃さい	28	44	1197	83	3537	90	952	96	
灰汚水	0.029	0	—	—	—	—	—	—	
排ガスライン	36	56	242	17	398	10	41	4	
最終排ガス	ボイラー灰	—	—	—	—	—	—	2	0
	EP灰	15	23	225	16	269	7	22	2
		21	33	17	1	129	3	17*	2
合計	64	100	1439	100	3935	100	993	100	

*1 回目調査による

4. 結論

全臭素の由来に関して、ごみ 1 t あたりの臭素量は家庭ごみで約 3 g/t、破碎ごみで約 68 g/t と大きな差がみられた。家庭ごみについては、紙類の寄与率が約 77%であり、一方、破碎ごみについては、廃テレビの樹脂カバーを含む合成樹脂「黒色」の寄与率が約 86%であった。

また、清掃工場における全臭素と臭素化ダイオキシン類の挙動に関しては、全臭素は排ガスラインに多くが移行するのに対し、臭素化ダイオキシン類は燃さいに移行する割合が高く、特に、廃家電の混焼率が大きくなるに従って、移行率が大きくなる傾向が認められた。挙動側からみた全臭素の発生量は焼却条件の差で 8～110 g/t、臭素化ダイオキシン類の発生量は同じく 0.06～3.9 mg/t であった。

今回の調査から、臭素系難燃材を含むごみについては、今後ストーカー炉での焼却以外の処理方法、例えば熔融等による処理も含めた適正処理の方法について検討していく必要があると考えられる。