

ったが、比較的他サンプルより濃度が高かった破砕ダストサンプルNo.1、No.2、No.6について行った、環告13号法による溶出試験結果を表3-15に示す。木材サンプル同様、銅、クロム、ヒ素、ホウ素について示す。表より、含有量の小さかったヒ素については、ほとんど溶出していなかった。クロム、銅に関しても、溶出濃度は、0.1~0.3mg/l程度で、比較的溶出濃度が高いホウ素に関しても、1.0mg/l程度の溶出濃度であった。溶出率に関しては、溶出が確認されたどの元素に関しても含有量の数%程度と、小さい値になっている。また、

表3-15 破砕ダストサンプルに関する環告13号法による溶出試験結果

	破砕ダストNo.1				破砕ダストNo.2				破砕ダストNo.6			
	As	B	Cr	Cu	As	B	Cr	Cu	As	B	Cr	Cu
含有量(mg/kg)	55	220	75	260	41	170	67	230	39	250	72	250
pH	8.23				8.2				8.53			
溶出濃度(mg/L)	<0.1	1.0	0.2	0.3	0.1	0.6	0.1	0.2	<0.1	0.6	0.1	0.2
溶出率(%)	-	5	2	1	3	3	1	1	-	2	1	1

表3-12の基準参照値と比較しても、基準値を超えている元素はなかった。

銅、クロム、ヒ素について、CCA系サンプルと破砕ダストサンプルで比較してみると、CCA系サンプルの粉体試料に関しては、明らかに破砕ダストよりも溶出率は高くなっている。CCA系サンプルの固形試料に関しても、溶出率を比較すると、CCA系サンプルの方が、破砕ダストよりも若干溶出率が高いようである。また、ホウ素の溶出率を有機系サンプルと比較してみると、有機系サンプルの粉体試料では、その含有量のほとんどが溶出していたが、破砕ダストからの溶出率は含有量の数%程度であり、それほど溶出していないようである。ホウ素に関しては、木材サンプルとの溶出量の違いから考えると、木材以外の破砕ごみ中に含有されていた可能性が考えられる。

(7)おわりに

本研究では、まず、京都市ごみ清掃工場から採取した50検体の廃木材サンプル中から、6検体のCCA処理木材と3検体のクレオソート処理木材が検出された。また、CCA処理木材に関しては、含有量分析を行った6検体以外のサンプルも含めると、10検体のCCA処理木材が検出されたことになる。含有量分析結果より、CCA処理木材中の重金属類濃度は、銅340~550mg/kg、クロム750~1300mg/kg、ヒ素340~820mg/kgであった。また、クレオソート処理木材中に含まれていたホウ素濃度は、120~720mg/kgであった。これらのサンプルを用いて環境庁告示13号法による溶出試験を行った結果、CCA処理木材の粉体試料中からは、銅3.8~12.2mg/l、クロム6.2~19.2mg/l、ヒ素2.8~14.6mg/lの濃度で、ホウ素が含まれていた有機系薬剤（クレオソート、PCP）処理木材の粉体試料中からは、ホウ素10.9~53.6mg/lの濃度で溶出が確認され、基準参照値を越えているものもあった。また、溶出率に関しては、粉体試料での銅、クロム、ヒ素は含有量の5~20%程度であったが、ホウ素は、含有量の70~100%程度と高い溶出率になっていた。以上の溶出試験結果より、薬剤処理木材を埋め立て処分した際、木材中の重金属類が溶出する可能性があることが確認され、また、粉体試料からは、他の廃棄物種に対して法律で規定された判定基準値を上回

る濃度で溶出したことから、廃木材の埋め立て処分に関しては注意が必要である。

現在もCCAやクレオソートは使用されており、また、過去に生産されたPCP処理木材なども廃棄されるため、今後もしばらくは薬剤処理木材の排出が続いていくと考えられる。よって、薬剤処理廃木材の発生に関して十分注意していくとともに、環境に与える影響を最小限に抑えていく必要がある。そのためには、まず、製造段階において適切な防腐処理薬剤を開発、選択することによって、製造工場周辺環境への影響や労働者への影響を最小限に抑え、また、使用期間中の薬剤の揮散、漏出などを減少させる努力が必要だろう。次に、廃棄後の対策としては、適正な処理を徹底するために、薬剤処理木材の事前選別を行うべきだろう。今回、廃木材のサンプリングを行ったが、その際、CCA、クレオソート処理木材に関しては、木材表面の色や木材への表記事項から、ある程度判断することが可能であった。廃木材の一時保管場所には、様々な廃木材が混在していたため、全ての薬剤処理木材を取り除くことは難しいと思われる。しかし、薬剤処理木材へのマーキングを徹底し、廃木材が排出される際に事前選別を行うことができれば、ある程度の薬剤処理木材、特にCCA、クレオソート処理木材に関しては、処理処分を行う前に取り除くことは可能であろう。そして、事前選別を行うとともに、リサイクルを前提とした、廃木材の適正な処理システムを確立することによって、排出された薬剤処理木材に対して、適正処理を徹底していくことが必要であろう。

参考文献

- 1 }高月紘、酒井伸一：有害廃棄物（クリーン、サイクル、コントロールの視点から）、中央法規（1993）
- 2 }角田邦夫：木材保存剤の研究・開発の動向、木材工業、Vol.52, No.5, pp.232-236（1997）

3.2 廃木材燃焼実験

(1)はじめに

建築物や家具などに使われている木材の多くは、耐用年数を経過した時点で廃棄物として排出されてくる。廃木材の中には、様々な薬剤で処理されている木材が含まれている。木材は一般に腐朽や虫害を受けやすいので、薬剤で処理することによって耐用年数を延長させてきた。しかし、その使用廃棄過程で様々な環境汚染問題が懸念されている。現在、最も使用量が多い薬剤CCAはその名が示すとおり、銅 (Copper)、クロム (Chromium)、ヒ素 (Arsenic) の有害重金属類を多量に含んでおり、木材の薬剤処理過程でも労働者への安全管理面で特別の注意が必要とされている毒性の強い薬剤である。¹⁾最近では、ヒ素に比べて毒性が低いとされるホウ素 (Boron) を加えたCCBも用いられるようになってきている。²⁾また、有機系薬剤としては、過去にペンタクロロフェノール (PCP) が殺菌剤や木材防腐剤として使われていたが、これは不純物として塩素化ダイオキシン類 (PCDD/DFs) を含んでいる有害な物質で、PCP自身も燃焼過程でのダイオキシン前駆物質とされている。その他の有機系薬剤としては、クレオソートが使われており、これは主に、電柱や枕木などの、野外で土壌に接して使用される木材の防腐剤として古くから使用されている。

木材は用途により使用される期間は変わってくるが、家屋の柱などに使われている木材は、防腐剤などの効果もあり耐用年数が長く、使用されてから10年単位の長期間経過した後、廃棄物として排出されてくる。約30年前から急激に普及してきたCCA処理木材や、古くから使用が続けられているクレオソート処理木材は、現在廃棄物として排出されてきていると考えられる。また、PCPは現在使用されていないが、過去のPCP処理木材が廃棄物として排出されている可能性も考えられる。したがって、これらの薬剤処理廃木材の処理方法については十分に注意が必要である。

(2)研究の目的

薬剤処理木材の燃焼過程に焦点を当て、重金属類やクレオソート等の化学物質ならびに副生成物の挙動を調査し、リスク評価ならびに制御方策立案の前提となる基礎的知見を得ることを目的とする。

(3)実験の概要

「廃木材発生動態調査」³⁾においてCCA処理されているとみなした廃木材と、クレオソート等の有機系薬剤で処理されているとみなした廃木材を用いて、燃焼試験を行った。試料は、CCA処理されているとみなした数検体の廃木材をチップ化して、それを混合したものを用いた。有機系薬剤で処理された木材に関しても、CCA同様に混合した試料を用いた。燃焼実験では、排ガス中、焼却残渣中の重金属類、PCDD/DFs、PAHs (多環芳香族類) に関する測定を行った。

(4)実験方法

含有量分析を行ったCCA系サンプルと有機系サンプルを用いて、薬剤処理廃木材に関する燃焼実験を行った。実験設備に関しては、図3-5に示す。実験試料は、一次燃焼炉である回転型電気炉で燃焼された後、その排ガスを二次燃焼室へ導き完全燃焼させる。その排ガスは冷却管で冷却され、スクラバ（洗浄塔）を通過した後、ダイオキシン類等を吸着塔にて活性炭で除去して排出される。この実験を、CCA系サンプルと、有機系サンプルに関して計2回行った。

実験条件に関して表3-16に示す。CCA系サンプル、有機系サンプルともに、同様の実験条件で実験を行った。また、分析項目の一覧を表3-17に示す。排ガスのサンプリング位置を二次燃焼室出口、ガス冷却塔ダクト出口、活性炭吸着塔出口の3点とし、各Runにおける分析項目は共通とした。焼却残渣とは、二次燃焼室の炉底で回収されるものと、ガス冷却塔ダクトの内壁に付着した排ガスライン堆積物の混合試料とした。ダイオキシン類の測定は、廃棄物処理におけるダイオキシン類標準測定分析マニュアルに従って行った。

表 3-16 燃焼試験実験

投入試料	
実験試料	薬剤処理木材(無機系、有機系)
供給量	0.8kg/hr
キルン運転条件	
運転条件	L/D5.0、傾斜角3度、回転数0.5rpm
滞留時間	40min
燃焼温度	900度
燃焼空気比	1.5
二次燃焼運転条件	
燃焼温度	900度
燃焼空気比	0.5
滞留時間	2sec
ガス冷運転条件	
出口ガス温度	200度
ガス滞留時間	2sec

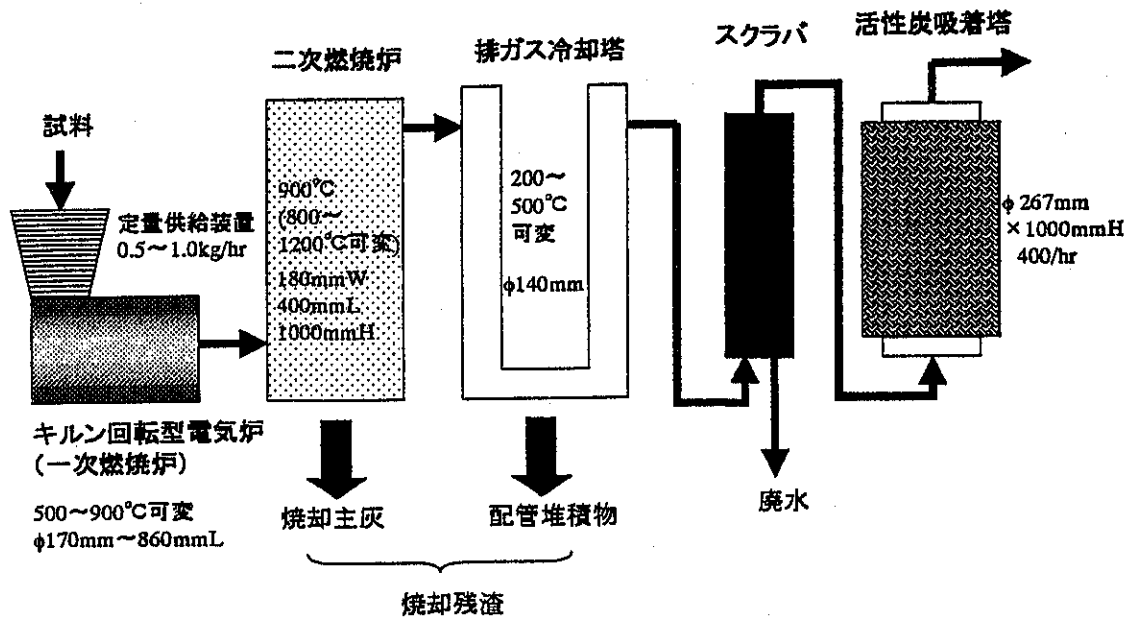


図3-5 実験炉の概要図

表 3-17 廃木材燃焼実験分析項目一覧

	Run1			Run2		
	廃木材(重金属系薬剤)			廃木材(有機系薬剤)		
	二次燃	ガス冷	吸着塔	二次燃	ガス冷	吸着塔
水分、ガス量、オルザット分析	○	○	○	○	○	○
Cl ₂ 、HCl濃度	○	○	○	○	○	○
硫黄酸化物(SO _x)濃度	-	-	○	-	-	○
重金属濃度(Pb, Cd, Fe, Cu, Sb, Mn)	○	○	○	○	○	○
(As, T-Cr, B)	○	○	○	○	○	○
PCDD/DFs濃度	○	○	○	○	○	○
PCBs, Co-PCBs濃度	○	○	○	○	○	○
PCP, PAH, HCB濃度	○	○	○	○	○	○
クロルデン濃度	○	○	○	○	○	○
連続測定						
温度	○	○	-	○	○	-
O ₂ 濃度	○	-	-	○	-	-
CO濃度	○	-	-	○	-	-

固形物	焼却残渣		実験試料	
	Run1	Run2	廃木材A群	廃木材B群
三成分(水分、可燃分、不燃分)	-	-	○	○
元素組成(C, H, N, O)	○	○	○	○
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)	○	○	○	○
(As, T-Cr, B)	○	○	○	○
PCDD/DFs濃度	○	○	○	○
PCBs, Co-PCBs濃度	○	○	○	○
PCP, PAH, HCB濃度	○	○	○	○
クロルデン濃度	○	○	○	○

廃木材A群: 防腐処理木材(重金属系薬剤)
 廃木材B群: 防腐処理木材(有機系薬剤)

(5)実験材料

実験試料は、「廃木材発生動態調査」³⁾で得た試料を用いた。無機系薬剤で処理された木材に関しては、CCA系No.1～No.6をそれぞれチップ化した後、混合したものを用いた。また、有機系薬剤で処理された木材に関しては、有機系No.1～No.3をそれぞれチップ化した後、混合したものを用いた。しかし、有機系No.1～No.3は試料量が少なかったため、それ以外にも50検体の廃木材中から、木材表面の色などからクレオソート処理木材であると考えられた、サンプルNo.11、13、15、19の木材もチップ化して混合した。実験試料に関する分析結果を表3-18に示す。廃木材A群は、CCA等の無機系薬剤で処理された廃木材サンプル、廃木材B群は、クレオソート等の有機系薬剤で処理された廃木材サンプルを示している。

まず、硫黄や塩素は、廃木材B群の方が高濃度であった。塩素に関しては、スクリーニングの段階において、有機系サンプル中で確認されていたことから、予想通りの結果となった。次に、PCDD/DFsは、廃木材A群の方が廃木材B群よりも高濃度であるが、PCBsやCo-PCBsは、逆に廃木材B群の方が高濃度であった。PAHに関しては、クレオソート処理されたと思われる廃木材B群の方が高くなっているが、PCPに関しては、CCA系薬剤で処理されたと思われる廃木材A群の方が高濃度になっている。スクリーニング段階で塩素が確認された有機系サンプル中に、PCPが含まれていることが考えられたが、今回の測定結果から考えると、スクリーニングでは塩素がほとんど検出されなかった廃木材A群の方にも、PCPで処理された木材が混入していた可能性が考えられる。蛍光X線装置によるスクリーニングの検出限界は、今回の実験試料中PCP濃度よりも1～2オーダー高い10ppm程度であったため、サンプリング段階では検出されなかったと思われる。

重金属類については、CCA系薬剤で処理されたと思われる廃木材A群に関しては、銅、ヒ素、クロムが廃木材B群よりも高濃度になっている。これは、スクリーニング、含有量分析結果から考えても、予想通りの結果となった。また、ホウ素は、廃木材B群の方が高濃度であったが、有機系サンプルの含有量分析を行った結果からも、ホウ素が含まれているこ

表 3-18 実験試料の分析結果

分析項目	単位	実験試料	
		廃木材A群	廃木材B群
PCDDs 実測値	ng/g	25	6.8
毒性等量	ng-TEQ/g	0.05	0.017
PCDFs 実測値	ng/g	3.8	1.8
毒性等量	ng-TEQ/g	0.025	0.018
PCDD/DFs 実測値	ng/g	29	8.6
毒性等量	ng-TEQ/g	0.075	0.035
Co-PCB*1 実測値	ng/g	0.12	9
毒性等量	ng-TEQ/g	0.000012	0.012
PCBs 実測値	ng/g	4.6	140
PAH	ng/g	240	5800
H6CBz	ng/g	27	9.9
P5CP	ng/g	2800	710
クロルデン	ng/g	1.1	32
Pb	mg/kg	<10	19
Cd	mg/kg	<10	<10
Fe	mg/kg	110	4200
Cu	mg/kg	1100	67
Sb	mg/kg	44	<10
Mn	mg/kg	110	66
As	mg/kg	930	1.3
T-Cr	mg/kg	2500	50
Cr6+	mg/kg	1.8	<0.51
B	mg/kg	<10	170

*1: Co-PCBs WHO/IPCS-TEFs(1997)

廃木材A群:無機系防腐処理木材

廃木材B群:有機系防腐処理木材

とは確認されているため、これも妥当な結果だと言える。

(6)実験結果

○ 重金属類

重金属類に関する分析結果を表3-19に示す。まず、焼却残渣中の重金属類に関して見る表3-19 重金属類に関する分析結果

重金属類	Run1排ガス(mg/Nm3)			Run2排ガス(mg/Nm3)			焼却残渣(mg/kg)	
	二次燃	ガス冷	吸着塔	二次燃	ガス冷	吸着塔	Run1	Run2
Pb	1.1	1.3	0.018	1.5	2.1	0.58	4000	1700
Cd	0.060	0.067	0.24	0.016	0.017	<0.005	11	12
Fe	0.86	1.4	0.33	0.71	0.79	0.13	100000	410000
Cu	0.71	1.0	0.22	1.7	3.6	0.99	58000	11000
Sb	1.2	1.3	<0.01	0.76	1.1	0.19	13000	3300
Mn	0.020	0.056	0.60	0.020	0.022	<0.005	15000	10000
As	1.2	2.5	0	0.15	0.18	0.057	29000	1.2
T-Cr	0.21	0.38	0.050	0.065	0.070	0.023	100000	3000
Cr6+	NA	NA	NA	NA	NA	NA	43000	<0.5
B	0.016	0.016	0.013	1.0	0.72	0.021	600	8700

と、CCA等の無機系薬剤で処理されたと思われる廃木材A群を用いたRun1の方が、銅、クロム、ヒ素濃度は、Run2よりも高濃度であり、これは実験試料中の濃度と同様の傾向を示している。クレオソート等の有機系薬剤で処理されたと思われる廃木材B群を用いたRun2の方が、ホウ素濃度が高濃度であったことも、実験試料中と同様の傾向を示している。また、排ガスに関しては、銅濃度が実験試料とは逆の傾向を示しているが、ヒ素、クロム、ホウ素に関しては、実験試料と同様の傾向となっている。

ここで、全体のフローとして、重金属類の流入総量、排出総量に関して表3-20に示す。

表3-20 重金属類の流入総量、排出総量

(Run1)	重金属 流入量 g/ごみton	重金属総排出量				排出配分		流出量/流入量 (残渣+吸着塔) -
		焼却残渣 g/ごみton	排ガス			残渣 %	排ガス (二次燃) %	
			二次燃 g/ごみton	ガス冷 g/ごみton	吸着塔 g/ごみton			
Pb	10	56	10	12	2.7	84.4	15.2	5.9
Cd	10	0.15	0.55	0.61	0.16	22.0	78.0	0.031
Fe	110	1400	7.8	13	2.2	99.4	0.6	13
Cu	1100	810	6.5	9.1	3.0	99.2	0.8	0.74
Sb	44	180	11	12	2.0	94.3	5.7	4.1
Mn	110	210	0.18	0.51	0	99.9	0.1	1.9
As	930	410	11	23	5.5	97.4	2.6	0.45
T-Cr	2500	1400	1.9	3.5	0.46	99.9	0.1	0.56
B	10	8.4	0.15	0.15	0.12	98.3	1.7	0.85

(Run2)	重金属 流入量 g/ごみton	重金属総排出量				排出配分		流出量/流入量 (残渣+吸着塔) -
		焼却残渣 g/ごみton	排ガス			残渣 %	排ガス (二次燃) %	
			二次燃 g/ごみton	ガス冷 g/ごみton	吸着塔 g/ごみton			
Pb	19	26	14	19	5.3	65.1	34.9	1.6
Cd	10	0.18	0.15	0.16	0	55.2	44.8	0.018
Fe	4200	6200	6.5	7.2	1.2	99.9	0.1	1.5
Cu	67	170	16	33	9.0	91.4	8.6	2.7
Sb	10	50	6.9	10	1.7	87.7	12.3	5.2
Mn	66	150	0.18	0.20	0	99.9	0.1	2.3
As	1.3	0.018	1.4	1.6	0.52	1.3	98.7	0.41
T-Cr	50	45	0.59	0.64	0.21	98.7	1.3	0.90
B	170	130	9.1	6.6	0.19	93.5	6.5	0.77

流入総量と排出総量を比較すると、Fe、Pb、Sb、MnなどはRun1、2ともに排出総量が流入総量を上回っており、またCuに関しては、Run2で排出総量が流入総量を上回っている。次に、焼却残渣と二次燃焼室出口排ガスの排出濃度の配分に関しては、ほとんどの元素は焼却残渣中の割合がほぼ100%を占めているが、CdやPbはRun1、2ともに、また、AsはRun2で排ガス中の排出割合が他の元素より高くなっており、揮散しやすいことが考えられる。

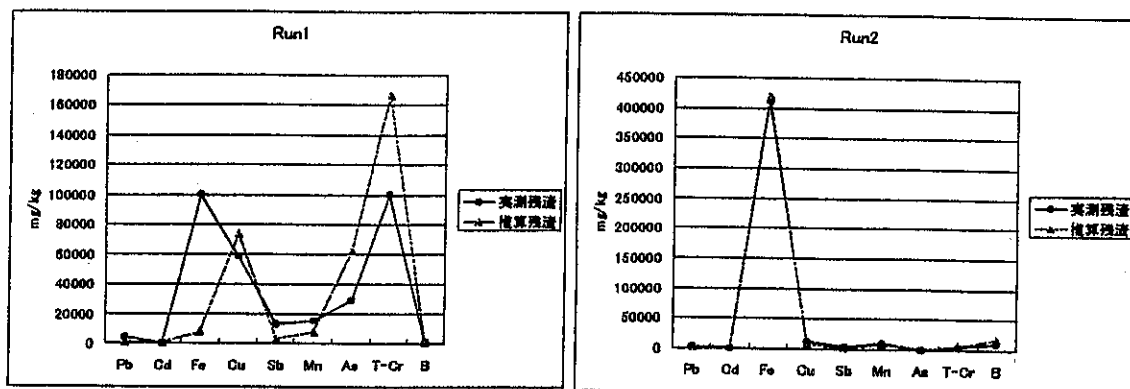


図3-6 焼却残渣中の重金属類濃度の実測値と推算値の比較

次に、焼却残渣中の重金属類濃度の実測値と推算値のグラフを図3-6に示す。ここでの推算値とは、投入試料中の重金属類の全量が、焼却残渣中に存在した場合の焼却残渣中の濃度を示している。Run1のFeを除いて、推算値と実測値の傾向はほぼ類似している。Feについては、Run1で大きく実測値が推算値を上回っており、また、その他の元素ではPb、Sb、Mn、Cuなどで、わずかではあるが実測値が推算値を上回っている。その原因としては、まず実験試料や焼却残渣のサンプリングに伴う分析変動があったことが考えられる。また、これらの元素については、排出総量が流入総量を上回っていたことから考えると、実験装置内に残留した過去の実験試料からの重金属類が、今回の実験中に混入したこともとも考えられる。特に、Feに関しては、廃木材A群中の濃度は110mg/kg、廃木材B群中の濃度は4200mg/kgであるが、排ガス中のFe濃度を比較すると、Run1の方が高濃度となっていることから考えると、Run1においては過去の実験試料からの重金属類が残留していた可能性が高い。各Runの実験前後には、過去のメモリー効果を極力下げる対処を行っているが、わずかながらRun1においては、若干のメモリー効果があったと考えざるをえない。

また、Cuに関しては、Run1では推算値が実測値を上回っているが、Run2では逆に実測値が推算値を上回っている。実験試料中のCu濃度は、廃木材A群は1100mg/kg、廃木材B群は67mg/kgと廃木材A群の方が高濃度であったが、排ガス中のCu濃度は、廃木材B群を用いたRun2の方が高濃度になっている。実験試料中のCu濃度の差から考えると、これはRun1で発生したCuが残留していたために、Run2の排ガス中Cu濃度が高濃度になった可能性が考えられる。また、実験試料中のCu濃度では、16倍程度の濃度差でRun1の方が高濃度であったが、焼却残渣中のCuに関しては、5倍程度の濃度差でRun1の方が高くなっている。これも、残留していたRun1でのCuがRun2の残渣中にも移行したためだと考えられ、

それによって、Run2では焼却残渣中Cu濃度の実測値が推算値を上回っていたと考えられる。

今回の測定において、重金属類に関しては、過去の実験試料による残留の可能性があることが確認された。これは、焼却残渣中の重金属類濃度の実測値と推算値から推測されたが、排ガス中の重金属類濃度に関しても、ほとんどの重金属類が二次燃焼室出口よりもガス冷却塔出口での濃度が増加していることなどから、一部の重金属類が二次燃焼室からガス冷却塔の間に、残留していたことが考えられる。一般の廃棄物焼却において、薬剤処理木材が混入していれば、今回の測定のように重金属類の残留につながる可能性もあり、その際得られる焼却主灰、飛灰等にも、高濃度の重金属類が含まれていることも考えられる。

○ PCDD/DFs
(マスバランス)

表 3-21 PCDD/DFs 流入総量、排出総量

(実測値)	DXN流入量 μg/ごみton	DXN総排出量				流出量/流入量 (残渣+吸着塔) -
		焼却残渣 μg/ごみton	排ガス			
			二次燃 μg/ごみton	ガス冷 μg/ごみton	吸着塔 μg/ごみton	
Run1	29000	2380	420	36	10	0.082
Run2	8600	2250	475	32	0	0.26

(TEQ)	DXN流入量 μg/ごみton	DXN総排出量				流出量/流入量 (残渣+吸着塔) -
		焼却残渣 μg/ごみton	排ガス			
			二次燃 μg/ごみton	ガス冷 μg/ごみton	吸着塔 μg/ごみton	
Run1	75	50	4.6	0.89	0.34	0.68
Run2	35	42	7.8	0.95	0	1.2

今回の燃焼試験における、PCDD/DFsの流入総量、排出総量に関して表3-21に示す。流入総量と排出総量を比較すると、流入総量が排出総量を上回っており、燃焼過程においてPCDD/DFsが減少したことを示している。また、ここで燃焼状態を示すデータについて表3-22に示す。

焼却残渣の熱灼減量は、廃木材A群を用いたRun1で1.5%、廃木材B群を用いたRun2で1.0%であり、投入試料は十分

表3-22(1) 固形物に関する測定データ

分析項目	単位	焼却残渣		実験試料	
		Run1	Run2	廃木材A群	廃木材B群
水分	%	-	-	10.0	7.0
灰分	%	-	-	1.4	1.5
可燃分	%	-	-	88.6	91.5
低位発熱量	cal/g	-	-	3750	5280
C	%	0.6	0.4	47.9	58.3
H	%	0.2	0.2	8.0	10.3
N	%	<0.01	<0.01	0.09	0.40
O(計算値)	%	0.69	0.31	42.43	28.08
燃焼性硫黄	%	<0.01	0.04	<0.01	0.29
全硫黄	%	0.71	1.47	<0.01	0.30
揮発性塩素	%	0.01	0.05	0.02	1.03
全塩素	%	0.33	0.07	0.02	1.03
熱灼減量	%	1.5	1.0	-	-

燃焼されていると考えられる。表 3-22(2) 排ガスに関する測定データ

よって、廃木材の燃焼状態は良好だったため、トータルのフローとしては、PCDD/DFsは減少傾向を示したと考えられる。また、焼却残渣と排ガスの排出濃度割合を見ると、排ガス中のPCDD/DFsは、吸着塔出口ではかなり濃度が減少しているため、排出総量のほとんどは、焼却残渣によるものであった。

Run No.		Run1			Run2		
燃焼試料 一次燃焼条件 ガス冷却条件		廃木材A群 900°C、空気比1.5 200°C、2sec			廃木材B群 900°C、空気比1.5 200°C、2sec		
分析項目	単位	二次燃	ガス冷	吸着塔	二次燃	ガス冷	吸着塔
排ガス量(湿り)	Nm ³ /hr	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85
排ガス量(乾き)	Nm ³ /hr	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
水分	%	8.7	5.0	4.1	7.1	4.9	4.0
ガス組成 CO ₂	%	2.9	2.9	2.9	5.5	5.1	5.2
O ₂	%	17.8	17.8	17.8	14.5	14.8	14.9
N ₂	%	79.3	79.3	79.3	80	80.1	79.9
HCl濃度 12%O ₂	ppm	92	83	5.1	38	38	1.7
Cl ₂ 濃度 実測濃度	mg/Nm ³	7.2	4.9	<1	8.4	5.1	<1
SO _x 濃度 12%O ₂	ppm	-	-	<1	-	-	<1
ダスト濃度 12%O ₂	g/Nm ³	0.078	0.072	0.018	0.046	0.074	0.020
連続測定平均値(DXNs測定時)							
温度	°C						
CO濃度	ppm	<1	-	-	<1	-	-
O ₂ 濃度	%	17.2	17.5	17.5	14.6	15.5	15.5

今回の燃焼試験に用いた試料中のPCDD/DFs同族体分布に関して表3-23に示す。実験試料中には、ともにPCPが含まれていたが、廃木材A群は2800ng/g、廃木材B群は710ng/gとA群の方が多く含まれており、廃木材A群中のPCDD/DFsは、PCP中に含まれている不純物によるものが多いと考えられる。また、今回の測定では、Run1(廃木材A群)のPCDD/DFs分解率は90%以上となっており、PCP中に不純物として含まれていたPCDD/DFsはほとんど分解されていたと考えられる。

表3-23 実験試料中のPCDD/DFs同族体分布

	廃木材A群		廃木材B群	
	実測値	毒性等量	実測値	毒性等量
T4CDDs	0.6	-	3.2	-
P5CDDs	0.15	-	1.4	-
H8CDDs	0.21	-	0.30	-
H7CDDs	2.0	-	0.46	-
O8CDD	22	0.022	1.4	0.0014
total PCDDs	25	0.050	6.8	0.017
T4CDFs	1.1	-	1.0	-
P5CDFs	0.47	-	0.34	-
H8CDFs	0.53	-	0.29	-
H7CDFs	0.48	-	0.13	-
O8CDF	1.2	0.0012	0.079	0.000079
total PCDFs	3.8	0.025	1.8	0.018

*実測値:単位[ng/g]

毒性等量:2,3,7,8-T4CDD毒性等量、単位[ng-TEQ/g]

次に、排ガス中PCDD/DFs分析結果を表3-24に示す。表より、排ガス中のトータルPCDD/DFs濃度をRun1、2で比較すると、二次燃焼室出口、ガス冷却塔出口、吸着塔出口全てにおいて、Run1の方が高濃度となっている。これはまず、実験試料中のPCDD/DFs濃度が、廃木材A群は29ng/g、廃木材B群は8.6ng/gと廃木材A群の方が高濃度であったこと、重金属類の存在濃度が廃木材A群の方が高いこと、ダイオキシン前駆物質であるPCP濃度やHCl濃度に関しても、廃木材A群の方が高濃度であったこと、ダイオキシン類の生成が多くなったことなどが原因として考えられる。また、表3-19より、廃木材A群中には、触媒作用が考えられる銅やその他の重金属類が、廃木材B群よりも多く含まれていたため、その影響もあったと考えて良いだろう。しかし、廃木材B群中にも触媒作用が考えられる鉄が多く含まれていたうえ、Run1、2のPCDD/DFsの濃度差もそれほど大きくなかったため、重金属

表 3-24 排ガス中 PCDD/DFs 分析結果

	Run1						Run2					
	二次燃出口		ガス冷出口		吸着塔出口		二次燃出口		ガス冷出口		吸着塔出口	
	換算濃度	毒性等量	換算濃度	毒性等量	換算濃度	毒性等量	換算濃度	毒性等量	換算濃度	毒性等量	換算濃度	毒性等量
2,3,7,8-T4CDD	ND	0	ND	0	0.054	0.054	0.085	0.085	ND	0	ND	0
T4CDDs	3.0	-	0.31	-	0.15	-	4.3	-	0.092	-	ND	-
1,2,3,7,8-P5CDD	0.13	0.068	ND	0	ND	0	0.26	0.13	ND	0	ND	0
P5CDDs	2.7	-	0.9	-	0.34	-	3.8	-	0.027	-	ND	-
1,2,3,4,7,8-H6CDD	0.36	0.036	ND	0	ND	0	0.21	0.021	ND	0	ND	0
1,2,3,6,7,8-H6CDD	0.99	0.099	ND	0	ND	0	0.32	0.032	ND	0	ND	0
1,2,3,7,8,9-H6CDD	0.81	0.081	ND	0	ND	0	0.35	0.035	ND	0	ND	0
H6CDDs	11	-	0.18	-	0.48	-	4.0	-	0.13	-	ND	-
1,2,3,4,6,7,8-H7CDD	12	0.12	0.29	0.0029	0.53	0.0053	2.3	0.023	0.093	0.00093	ND	0
H7CDDs	27	-	0.62	-	1.1	-	4.5	-	0.17	-	ND	-
O8CDD	24	0.024	0.57	0.00057	0.84	0.00084	4.7	0.0047	0.17	0.00017	ND	0
total PCDDs	88	0.43	1.9	0.0035	2.7	0.0080	21	0.33	0.59	0.0011	ND	0
2,3,7,8-T4CDF	0.14	0.014	0.40	0.040	0.072	0.0072	0.95	0.095	0.33	0.033	ND	0
T4CDFs	6.4	-	3.8	-	0.072	-	24	-	2.2	-	ND	-
1,2,3,7,8-P5CDF	0.43	0.022	0.14	0.0070	ND	0	1.0	0.051	0.23	0.011	ND	0
2,3,4,7,8-P5CDF	0.56	0.28	0.26	0.13	0.056	0.028	0.75	0.37	0.14	0.072	ND	0
P5CDFs	7.1	-	1.5	-	0.056	-	11	-	1.1	-	ND	-
1,2,3,4,7,8-H6CDF	1.3	0.13	0.30	0.030	ND	0	1.1	0.11	0.24	0.024	ND	0
1,2,3,6,7,8-H6CDF	1.2	0.12	0.18	0.018	ND	0	0.91	0.091	0.12	0.012	ND	0
1,2,3,7,8,9-H6CDF	ND	0	ND	0	ND	0	0.17	0.017	ND	0	ND	0
2,3,4,6,7,8-H6CDF	1.7	0.17	0.223	0.023	ND	0	0.95	0.095	0.092	0.0092	ND	0
H6CDFs	13	-	1.3	-	ND	-	8.5	-	0.83	-	ND	-
1,2,3,4,6,7,8-H7CDF	5.3	0.053	0.53	0.0053	0.18	0.0018	3.8	0.038	0.48	0.0048	ND	0
1,2,3,4,7,8,9-H7CDF	0.97	0.0097	ND	0	ND	0	0.57	0.00057	ND	0	ND	0
H7CDFs	8.7	-	0.72	-	0.18	-	5.9	-	0.57	-	ND	-
O8CDF	5.2	0.0052	0.62	0.00062	ND	0	3.3	0.0033	0.38	0.00038	ND	0
total PCDFs	40	0.80	8.1	0.25	0.31	0.0031	53	0.87	5.1	0.17	ND	0
total PCDDs+PCDFs	110	1.2	10	0.25	3.0	0.0097	74	1.2	5.7	0.17	ND	0

※ 換算濃度: O2=12%換算値、単位[ng/Nm3]
 毒性等量: 2,3,7,8-T4CDD毒性等量、単位[ng-TEQ/Nm3]
 二次燃出口: 二次燃焼炉出口
 ガス冷出口: ガス冷却ダクト出口
 吸着塔出口: 活性炭吸着塔出口

類の触媒作用の影響に関しては今後も検討を要する。また、毒性等量に関しては、二次燃焼室出口のPCDD/DFs濃度は、Run1、2ともに1.2 ng-TEQ/Nm³であり違いは見られなかった。

焼却残渣中のPCDD/DFs分析結果を表3-25に示す。表より、焼却残渣中のトータルPCDD/DFs濃度をRun1、2で比較すると、排ガス同様、Run1の方が高濃度となっている。また、毒性等量で見ても、Run1では3.6ng-TEQ/g、Run2では2.8ng-TEQ/gと、それ程大きな違いは見られない。今回の測定での、二次燃焼室出口の排ガス中濃度を、日本での都市ごみ焼却排ガス中のダイオキシン類規制濃度0.1~5ng-TEQ/Nm³（新設）⁴⁾と比較すると、今回の二次燃焼室出口での排ガス中濃度は、小規模施設に対する規制値については下回っているが、大規模の全量焼却に対する規制値0.1ng-TEQ/Nm³よりは高い濃度であった。

表3-25 焼却残渣中のPCDD/DFs分析結果

	Run1		Run2	
	実測値	毒性等量	実測値	毒性等量
2,3,7,8-T4CDD	0.23	0.23	0.17	0.17
T4CDDs	11.0	-	12	-
1,2,3,7,8-P5CDD	0.88	0.44	0.79	0.39
P5CDDs	14	-	15	-
1,2,3,4,7,8-H6CDD	0.83	0.083	0.79	0.079
1,2,3,6,7,8-H6CDD	1.2	0.12	1.0	0.10
1,2,3,7,8,9-H6CDD	1.1	0.11	0.91	0.091
H6CDDs	16	-	19	-
1,2,3,4,6,7,8-H7CDD	8.2	0.082	6.2	0.062
H7CDDs	15	-	13	-
O8CDD	6.7	0.0067	4.7	0.0047
total PCDDs	63	1.1	64	0.90
2,3,7,8-T4CDF	1.1	0.11	1.0	0.10
T4CDFs	29	-	27	-
1,2,3,7,8-P5CDF	2.3	0.12	1.9	0.0960
2,3,4,7,8-P5CDF	2.3	1.1	1.7	0.87
P5CDFs	24	-	21	-
1,2,3,4,7,8-H6CDF	3.8	0.38	2.6	0.26
1,2,3,6,7,8-H6CDF	2.8	0.28	1.9	0.19
1,2,3,7,8,9-H6CDF	0.31	0.031	0.26	0.026
2,3,4,6,7,8-H6CDF	3.0	0.30	2.2	0.22
H6CDFs	27	-	21	-
1,2,3,4,6,7,8-H7CDF	14	0.14	9.3	0.093
1,2,3,4,7,8,9-H7CDF	2.0	0.020	1.3	0.013
H7CDFs	20	-	14	-
O8CDF	5.2	0.0052	3.5	0.0035
total PCDFs	110	2.5	86	1.9
total PCDDs+PCDFs	170	3.6	150	2.8

※ 実測値: 単位[ng/g]
 毒性等量: 2,3,7,8-T4CDD毒性等量、単位[ng-TEQ/g]

(挙動)

排ガス中PCDD/DFs異性体分布（二次燃焼室出口と吸着塔出口）に関して図3-7に、焼却残渣中PCDD/DFsの異性体分布に関して図3-8に示す。まず、排ガス中のPCDD/DFsの異性体分布に関して、Run1、2で比較すると、PCDDs、PCDFsともに、低塩素化物の濃度が低く、高塩素化物の濃度が高くなっており、ほぼ同様の分布を示している。また、焼却残渣中のPCDD/DFs異性体分布に関して、Run1、2はほぼ同様の分布を示しており、排ガス同様、低塩素化物の濃度は低く、高塩素化物の濃度が高くなっている。

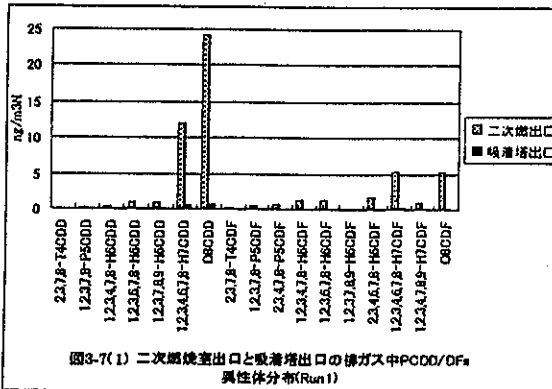


図3-7(1) 二次燃焼室出口と吸着塔出口の排ガス中PCDD/DFs異性体分布(Run1)

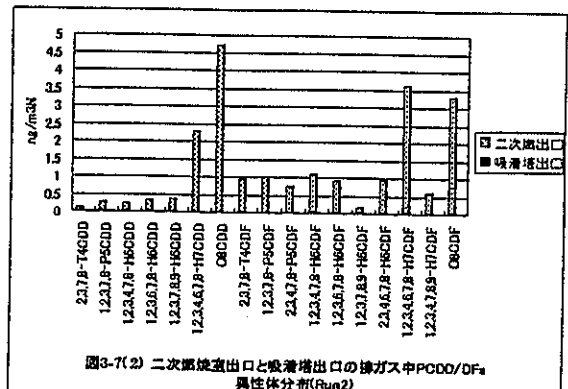


図3-7(2) 二次燃焼室出口と吸着塔出口の排ガス中PCDD/DFs異性体分布(Run2)

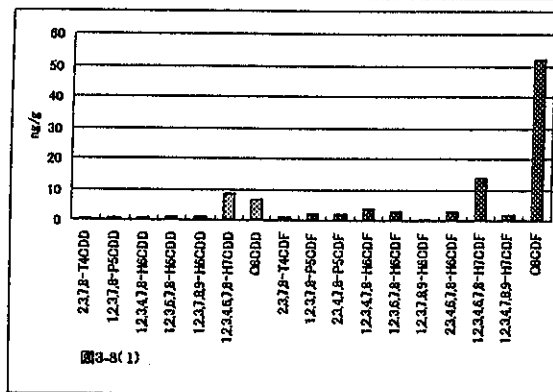


図3-8(1)

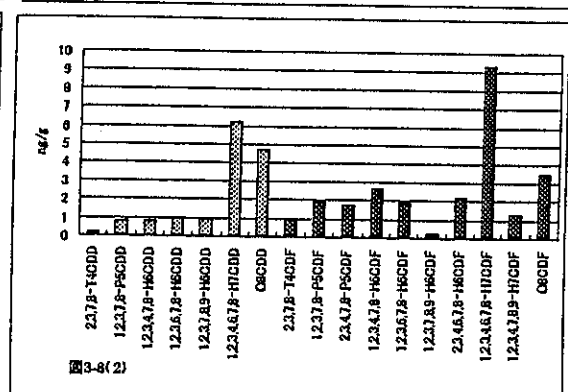


図3-8(2)

また、排ガスの各サンプリングポイントでのPCDD/DFs同族体分布を図3-9、廃木材試料中及び焼却残渣中のPCDD/DFs同族体分布を図3-10に示す。まず、排ガス中の同族体分布をRun1、2で比較すると、特に二次燃焼室出口で異なった分布の傾向を示している。その特徴としては、Run1では高塩素化物のPCDDs濃度が高く、Run2では低塩素化物のPCDFs濃度が高くなっていたことである。これは、廃木材A群中に、高塩素化のPCDDsが多く含まれていたことが原因として考えられる。また、Run1の実験試料中PCP濃度はRun2よりも高くなっていることから、8塩素化のダイオキシンO8CDDが含有されていたためだと考えられる。また、焼却残渣中のPCDD/DFs同族体分布に関して、Run1では高塩素化物のO8CDF濃度が高く、Run2では低塩素化物のT4CDFs濃度が高くなっている。これに関しては、廃木材サンプル中のPCDD/DFs同族体分布を見ると、廃木材A群では高塩素化のO8CDDが多く含まれていることや、廃木材B群では低塩素化のT4CDDsが比較的多く含まれていたことが、その原因として考えられる。

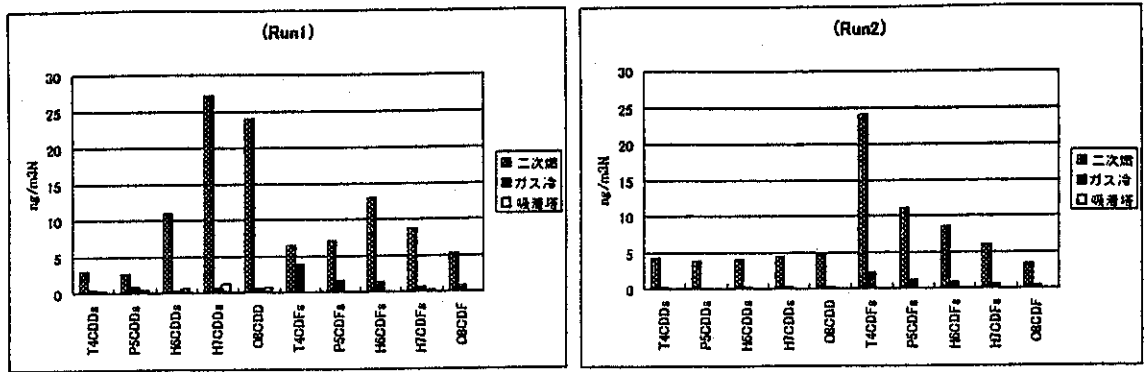


図3-9 排ガス中PCDD/DFs同族体分布

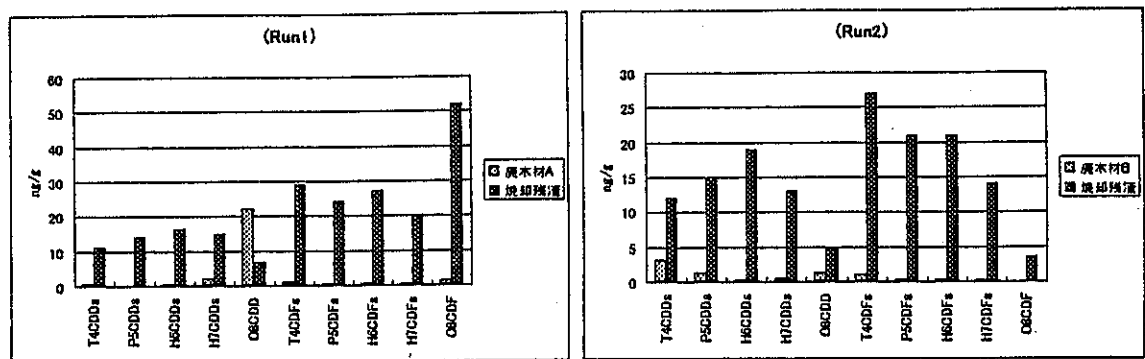


図3-10 固形物中PCDD/DFs同族体分布

今回の測定におけるPCDD/DFsの挙動に関しては、トータルの排出量や異性体分布に関しては、Run1、2の間でそれ程大きな違いはなかった。しかし、廃木材中に含まれているPCP含有量の違いに起因するPCDD/DFs同族体分布、燃焼される際の塩素の量などが、その挙動に対して影響を与えている可能性は考えられた。一般的に、廃木材は様々な木材が同時に排出されてくるので、その中にPCDD/DFs生成に影響すると考えられる、PCPを多く含む廃木材が含まれている可能性は考えられる。また、他の大型ごみも廃木材とともに廃棄されており、それによる汚染の可能性も考えられる。今後の課題としては、今回の測定では、廃木材A群、B群ともにPCPが含まれていたため、PCPが含まれていない天然木材を用いた燃焼実験を行うことによって、薬剤処理木材燃焼時のPCDD/DFsの挙動について、より明確に把握することができると思われる。また、重金属類の触媒作用についても明確に把握できなかったため、PCPが含まれていないCCA処理木材を用いた実験を行うことも必要であると思われる。

○ PCBs、Co-PCBs

PCBsとCo-PCBsの流入総量と流出総量に関して表3-26に示す。PCBsに関しては、排出総量が流入総量よりも小さくなっており、燃焼過程において減少傾向であることが示された。排出総量に関しては、PCDD/DFsと比較すると、排ガスの割合が高くなっているが、焼却残渣中の濃度が約9割を占めている。また、Co-PCBsに関しては、Run1でCo-PCBsの

流入量が非常に小さかったため、排出総量が流入総量を上回っているが、Run2では排出総量が流入総量よりもかなり小さくなっており、燃焼過程でCo-PCBsも減少している。

表3-26(1) PCBs流入総量、排出総量

(実測値)	PCBs流入量 μg/ごみton	PCBs総排出量				流出量/流入量 (残渣+吸着塔) -
		焼却残渣 μg/ごみton	排ガス			
			二次燃 μg/ごみton	ガス冷 μg/ごみton	吸着塔 μg/ごみton	
Run1	4600	3400	410	1100	240	0.78
Run2	140000	3600	550	870	450	0.029

表3-26(2) Co-PCBs流入総量、排出総量

(実測値)	Co-PCBs 流入量 μg/ごみton	Co-PCBs総排出量				流出量/流入量 (残渣+吸着塔) -
		焼却残渣 μg/ごみton	排ガス			
			二次燃 μg/ごみton	ガス冷 μg/ごみton	吸着塔 μg/ごみton	
Run1	120	200	10	39	7.8	1.7
Run2	9000	180	42	39	7.1	0.021

(TEQ)	Co-PCBs 流入量 μg/ごみton	Co-PCBs総排出量				流出量/流入量 (残渣+吸着塔) -
		焼却残渣 μg/ごみton	排ガス			
			二次燃 μg/ごみton	ガス冷 μg/ごみton	吸着塔 μg/ごみton	
Run1	0.012	3.1	0.0010	0.0039	0.00078	260
Run2	12	2.6	0.40	0.089	0.00072	0.21

表3-27 実験試料中のPCBs,Co-PCBs分析結果

	腐木材A		腐木材B	
	実測値	毒性等量	実測値	毒性等量
Non-ortho Co-PCB				
3,4,4',5'-T4CB	ND	0	ND	0
3,3',4,4'-T4CB	0.031	3.1E-06	0.53	3.1E-06
3,3',4,4',5'-P5CB	ND	0	0.11	0.011
3,3',4,4',5,5'-H6CB	ND	0	ND	0
total Non-ortho	0.031	3.1E-06	0.64	0.011
Mono-ortho Co-PCB				
2',3,4,4',5'-P5CB	ND	0	0.32	0.000032
2,3',4,4',5'-P5CB	0.053	5.3E-06	4.0	0.00040
2,3,4,4',5'-P5CB	ND	0	0.30	0.00015
2,3,3',4,4'-P5CB	0.040	4.0E-06	2.1	0.00021
2,3',4,4',5,5'-H6CB	ND	0	0.82	8.2E-06
2,3,3',4,4',5'-H6CB	ND	0	0.66	0.00033
2,3,3',4,4',5'-H6CB	ND	0	0.13	0.000065
2,3,3',4,4',5,5'-H7CB	ND	0	0.051	5.1E-06
total Mono-ortho	0.093	9.3E-06	8.4	0.0012
total Co-PCBs*	0.12	0.000012	9.0	0.012
Di-ortho Co-PCB				
2,2',3,4,4',5,5'-H7CB	0.019	-	1.1	-
2,2',3,3',4,4',5'-H7CB	ND	-	0.78	-
total Di-ortho	0.019	-	1.9	-
PCBs				
M1CBs	0.088	-	0.87	-
D2CBs	0.18	-	1.7	-
T3CBs	1.1	-	21	-
T4CBs	2.2	-	47	-
P5CBs	0.79	-	41	-
H6CBs	0.23	-	24	-
H7CBs	0.019	-	4.5	-
O8CBs	ND	-	1.2	-
N9CBs	ND	-	0.13	-
D10CBs	ND	-	0.060	-
total PCBs	4.6	-	140	-

(注) 実測値: 単位[ng/g]
毒性等量: 単位[ng-TEQ/g]
*WHO/IPCS-TEFs(1997)

表3-28 焼却残渣中のPCBs,Co-PCBs分析結果

	Run1		Run2	
	実測値	毒性等量	実測値	毒性等量
Non-ortho Co-PCB				
3,4,4',5'-T4CB	1.2	0.00012	1.4	0.00014
3,3',4,4'-T4CB	1.7	0.0017	1.6	0.00016
3,3',4,4',5'-P5CB	2.1	0.21	1.6	0.16
3,3',4,4',5,5'-H6CB	1.1	0.011	0.99	0.0099
total Non-ortho	6.1	0.22	5.6	0.17
Mono-ortho Co-PCB				
2',3,4,4',5'-P5CB	0.29	0.000029	0.25	0.000025
2,3',4,4',5'-P5CB	1.2	0.00012	0.91	0.000091
2,3,4,4',5'-P5CB	0.78	0.00039	0.71	0.0036
2,3,3',4,4'-P5CB	1.2	0.00012	0.95	0.000095
2,3',4,4',5,5'-H6CB	0.65	6.5E-06	0.54	5.4E-06
2,3,3',4,4',5'-H6CB	1.4	0.00070	1.2	0.00060
2,3,3',4,4',5'-H6CB	0.53	0.00027	0.39	0.00020
2,3,3',4,4',5,5'-H7CB	1.9	0.00019	1.2	0.00012
total Mono-ortho	8.0	0.0018	6.1	0.0015
total Co-PCBs*	14	0.22	12	0.17
Di-ortho Co-PCB				
2,2',3,4,4',5,5'-H7CB	2.1	-	3.6	-
2,2',3,3',4,4',5'-H7CB	1.3	-	2.0	-
total Di-ortho	3.4	-	5.6	-
PCBs				
M1CBs	59	-	25	-
D2CBs	24	-	16	-
T3CBs	29	-	18	-
T4CBs	15	-	9.6	-
P5CBs	34	-	49	-
H6CBs	24	-	36	-
H7CBs	27	-	43	-
O8CBs	21	-	38	-
N9CBs	2.7	-	1.3	-
D10CBs	0.93	-	0.39	-
total PCBs	240	-	240	-

(注) 実測値: 単位[ng/g]
毒性等量: 単位[ng-TEQ/g]
*WHO/IPCS-TEFs(1997)

表3-29 排ガス中のPCBs,Co-PCBs分析結果

	Run1						Run2					
	二次燃出口		ガス冷出口		吸着塔出口		二次燃出口		ガス冷出口		吸着塔出口	
	換算濃度	毒性等量	換算濃度	毒性等量	換算濃度	毒性等量	換算濃度	毒性等量	換算濃度	毒性等量	換算濃度	毒性等量
Non-ortho Co-PCB												
3,4,4',5'-T4CB	ND	0	0.65	0.000065	ND	0	0.80	0.00008	0.41	0.000041	ND	0
3,3',4,4'-T4CB	ND	0	2.1	0.00021	ND	0	1.1	0.00011	1.3	0.00013	0.28	0.000028
3,3',4,4',5'-P5CB	ND	0	ND	0	ND	0	0.57	0.057	0.15	0.015	ND	0
3,3',4,4',5,5'-H6CB	ND	0	ND	0	ND	0	0.44	0.0044	ND	0	ND	0
total Non-ortho	ND	0	2.8	0.00028	ND	0	2.7	0.082	1.9	0.015	0.28	0.000028
Mono-ortho Co-PCB												
2,3,4,4',5'-P5CB	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	0.10	0.000010	ND	0
2,3',4,4',5'-P5CB	1.5	0.00015	5.5	0.00055	1.3	0.00013	1.3	0.00013	2.9	0.00029	0.60	0.00006
2,3,4,4',5'-P5CB	ND	0	ND	0	ND	0	0.27	0.00014	0.29	0.00015	ND	0
2,3,3',4,4'-P5CB	1.2	0.00012	2.7	0.00027	0.92	0.00027	0.98	0.000098	1.2	0.00012	0.42	0.000042
2,3',4,4',5,5'-H6CB	ND	0	ND	0	ND	0	0.29	2.9E-06	0.42	4.2E-06	ND	0
2,3,3',4,4',5'-H6CB	ND	0	ND	0	ND	0	0.46	0.00023	0.27	0.00014	ND	0
2,3,3',4,4',5'-H6CB	ND	0	ND	0	ND	0	0.28	0.00014	ND	0	ND	0
2,3,3',4,4',5,5'-H7CB	ND	0	ND	0	ND	0	0.28	0.000028	0.12	0.000012	ND	0
total Mono-ortho	2.7	0.00027	8.2	0.00082	2.2	0.00022	3.9	0.00076	5.4	0.00072	1.0	0.00010
total Co-PCBs*	2.7	0.00027	11	0.0011	2.2	0.00022	8.0	0.082	7.3	0.016	1.3	0.00013
Di-ortho Co-PCB												
2,2',3,4,4',5,5'-H7CB	ND	-	1.2	-	ND	-	0.67	-	0.89	-	ND	-
2,2',3,3',4,4',5'-H7CB	ND	-	ND	-	ND	-	0.83	-	0.20	-	ND	-
total Di-ortho	ND	-	1.2	-	ND	-	1.3	-	0.89	-	ND	-
PCBs												
M1CBs	ND	-	59	-	ND	-	2.8	-	21	-	ND	-
D2CBs	ND	-	39	-	ND	-	5.7	-	34	-	ND	-
T3CBs	27	-	47	-	18	-	23	-	23	-	31	-
T4CBs	47	-	78	-	34	-	30	-	28	-	37	-
P5CBs	14	-	81	-	14	-	12	-	38	-	9.5	-
H6CBs	3.7	-	17	-	2.3	-	4.1	-	8.7	-	1.2	-
H7CBs	ND	-	2.7	-	ND	-	2.4	-	1.8	-	ND	-
O8CBs	1.9	-	ND	-	ND	-	2.3	-	0.7	-	ND	-
N9CBs	8.4	-	ND	-	ND	-	1.3	-	0.52	-	ND	-
D10CBs	2.4	-	ND	-	ND	-	0.88	-	0.32	-	ND	-
total PCBs	100	-	320	-	68	-	84	-	180	-	79	-

換算濃度: O2=12%換算値、単位[ng/Nm³]
 毒性等量: 2,3,7,8-T4CDD毒性等量、単位[ng-TEQ/Nm³]
 *WHO/IPCS-TEFs(1997)
 二次燃出口: 二次燃焼炉出口
 ガス冷出口: ガス冷却ダクト出口
 吸着塔出口: 活性炭吸着塔出口

実験試料中のPCBs、Co-PCBs分析結果を表3-27、排ガス中のPCBs、Co-PCBs分析結果を表3-29、焼却残渣中のPCBs、Co-PCBs分析結果を表3-28に示す。表より、廃木材中のPCBs濃度をRun1、2で比較すると、廃木材B群が140ng/gとA群の4.6ng/gに比べれば高いが、絶対値としてはppbレベルでそれほど高いレベルではない。しかし、排ガス中や残渣中のPCBsに関しては、Run1、2で同じ濃度レベルであった。また、図3-11、3-12に排ガスと固形物中のPCBs同族体分布を示す。PCDD/DFs同族体分布では、Run1で比較的高塩素化のものが多く、Run2で比較的低塩素化のものが多くなっており、分布に違いが見られたが、PCBsに関しては、Run1のガス冷却塔出口で濃度が若干高い程度で、排ガス中、焼却残渣中ともに、分布や濃度にそれほど大きな違いは見られなかった。

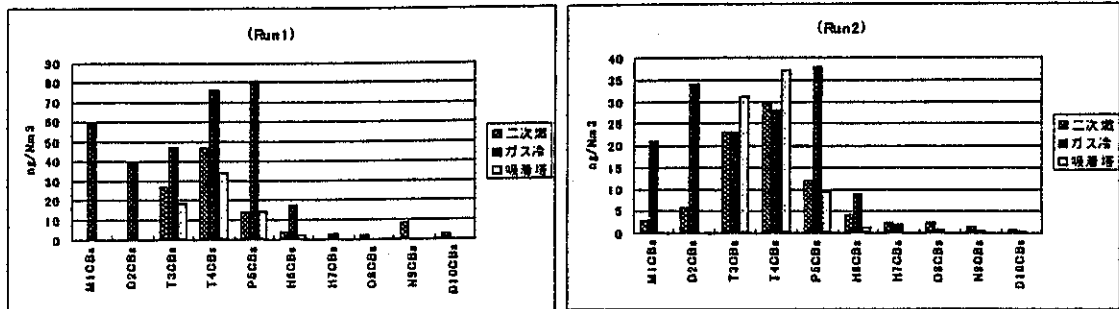


図3-11 排ガス中PCBs同族体分布

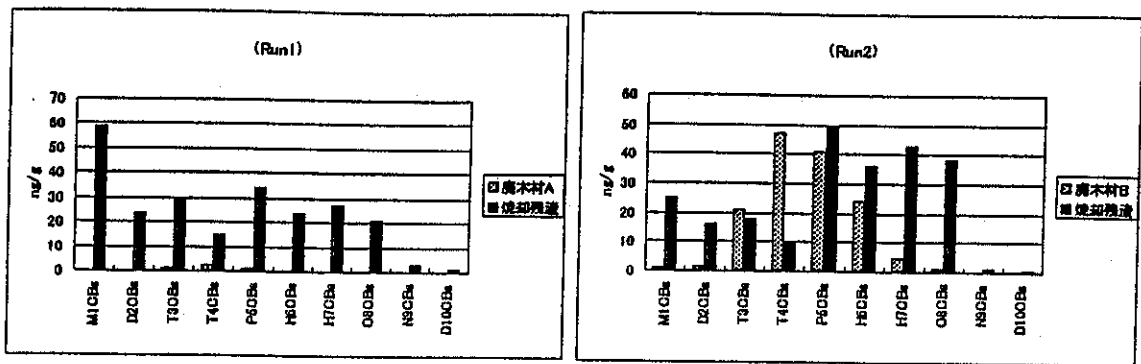


図3-12 固形物中PCBs同族体分布

(PAHs)

PAHsの流入総量と排出総量に関して表3-30に示す。Run1、2ともに排出総量が流入総量を上回っており、燃焼過程においてPAHsが増加していることが示された。特にRun1では、

表3-30 PAHs流入総量、排出総量

(実測値)	PAHs流入量 μg/ごみton	PAHs総排出量				流出量/流入量 (残渣+吸着塔) -
		焼却残渣 μg/ごみton	排ガス			
			二次燃 μg/ごみton	ガス冷 μg/ごみton	吸着塔 μg/ごみton	
Run1	240000	4600000	9100	22000	5600	19
Run2	5800000	6800000	15000	39000	5700	1.2

排出総量が流入総量の19倍程度にもなっている。また、排出総量に関しては、ダイオキシン類と同様に、焼却残渣中の濃度が9割以上を占めていた。

排ガス中PAHs分析結果を表3-31、固形物中のPAHs分析結果を表3-32、排ガス中、焼却残渣中、実験試料中PAHs濃度について図3-13～3-15示す。表より、トータルのPAHs濃度をRun1、2で比較すると、実験試料中濃度は廃木材B群の方が高濃度であったが、排ガ

表3-31 排ガス中のPAHsの分析結果

	Run1			Run2		
	二次燃出口 ng/Nm3	ガス冷出口 ng/Nm3	吸着塔出口 ng/Nm3	二次燃出口 ng/Nm3	ガス冷出口 ng/Nm3	吸着塔出口 ng/Nm3
Naphthalene	1500	2900	960	1100	1900	650
Acenaphthylene	69	57	59	330	180	82
Acenaphthene	42	34	27	230	29	19
Fluorene	280	180	180	150	150	130
Phenanthrene	180	2000	97	260	2900	66
Anthracene	25	190	24	37	310	12
Fluoranthene	85	560	42	150	1600	16
Pyrene	140	160	85	200	39	18
Benz[a]anthracene	6.7	4.0	3.7	12	2.0	2.0
Chrysene	13	34	7.7	24	17	3.2
Benzo[b]fluoranthene	11	8.9	7.1	15	2.2	2.1
Benzo[k]fluoranthene	6.6	5.2	5.6	9.5	1.6	2.0
Benzo[a]pyrene	19	12	12	12	3.2	4.3
Indeno[1,2,3-cd]perylene	18	9.2	22	10	2.8	7.6
Benzo[g,h,i]perylene	55	34	47	32	10	18
Dibenz[a,h]anthracene	ND	ND	4.1	ND	ND	1.3
Σ PAHs	2500	6200	1600	2400	7100	1000

ス中濃度に関しては、二次燃焼室出口から吸着塔出口までRun1、2でほぼ同程度の濃度であった。木材中には、多数のベンゼン環からなるリグニンが含まれているため、燃焼された際にそれらが分解し、Run1においてもPAHsが生成したと考えられる。また、排ガス中のPAHs分布において、ナフタレン、フェナントレン、フルオランテンの3物質は、ガス冷却塔出口で顕著な増加が見られる。これら3物質は、2~3個のベンゼン環を持った構造をしており、木材の基本構造に類似しているため、二次燃焼炉出口からガス冷却塔出口の間での生成量が多くなった可能性がある。

表3-32 固形物中のPAHsの分析結果

	焼却残渣		実験試料	
	Run1 ng/g	Run2 ng/g	腐木材A群 ng/g	腐木材B群 ng/g
Naphthalene	390	480	50	16
Acenaphthylene	110	150	5.1	18
Acenaphthene	14	11	4.6	31
Fluorene	140	170	15	270
Phenanthrene	320	320	91	1200
Anthracene	240	210	8.3	140
Fluoranthene	220	230	23	450
Pyrene	130	160	16	1100
Benz[a]anthracene	150	210	4.1	310
Chrysene	400	390	8.7	1700
Benzo[b]fluoranthene	270	450	3.7	140
Benzo[k]fluoranthene	280	580	2.1	45
Benzo[a]pyrene	120	360	2.2	3
Indeno[1,2,3-cd]perylene	160	300	1.5	97
Benzo[ghi]perylene	160	190	2.6	180
Dibenz[a,h]anthracene	160	310	0.83	140
Σ PAHs	3300	4500	240	5800

腐木材A群: 無機系防腐処理木材
腐木材B群: 有機系防腐処理木材

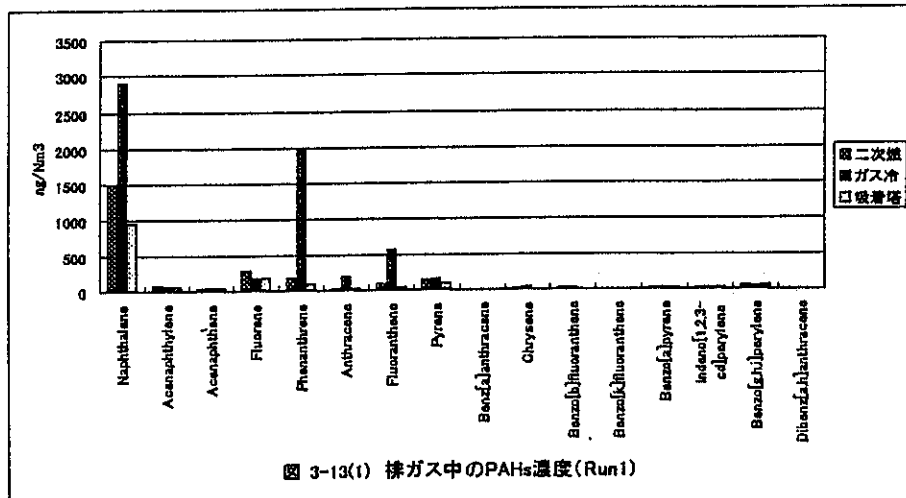


図 3-13(1) 排ガス中のPAHs濃度(Run1)

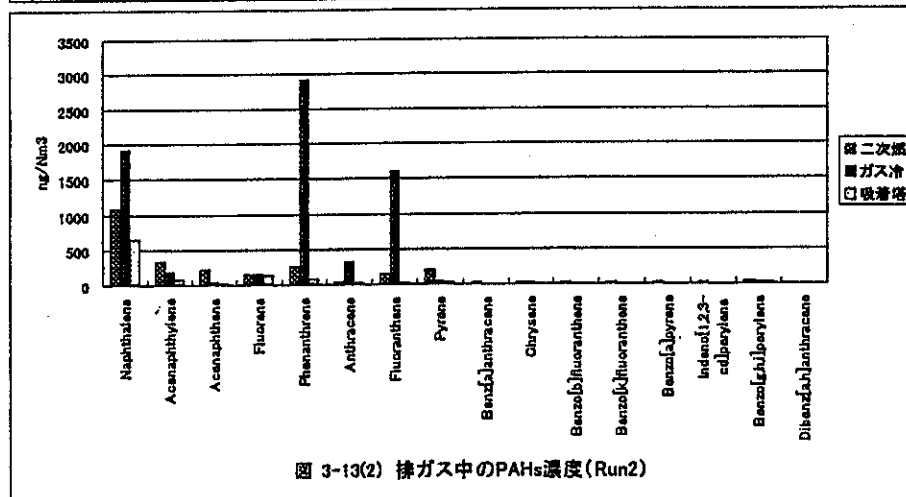


図 3-13(2) 排ガス中のPAHs濃度(Run2)

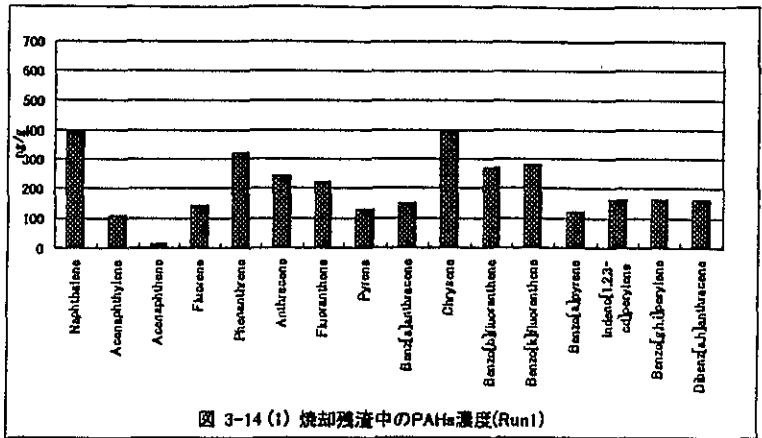


図 3-14 (1) 焼却残渣中のPAHs濃度(Run1)

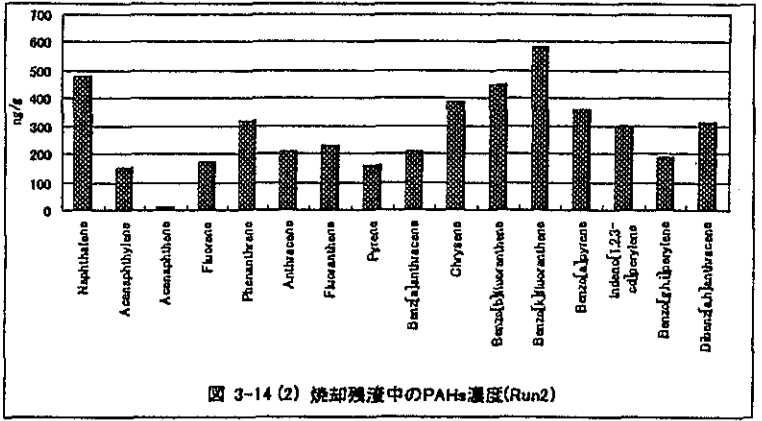


図 3-14 (2) 焼却残渣中のPAHs濃度(Run2)

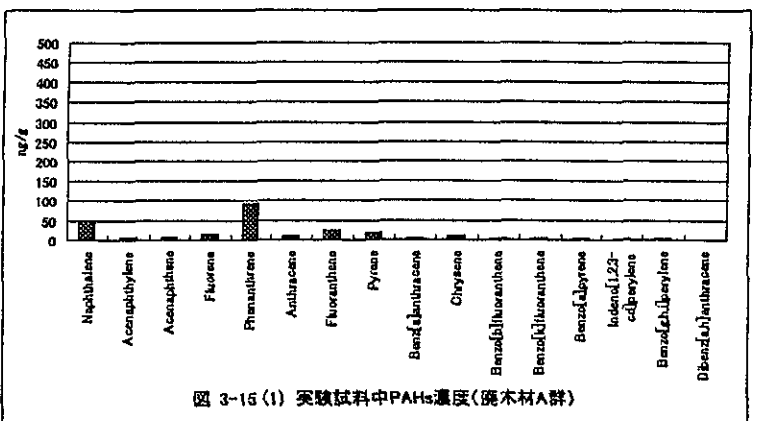


図 3-15 (1) 実験試料中PAHs濃度(廃木材A群)

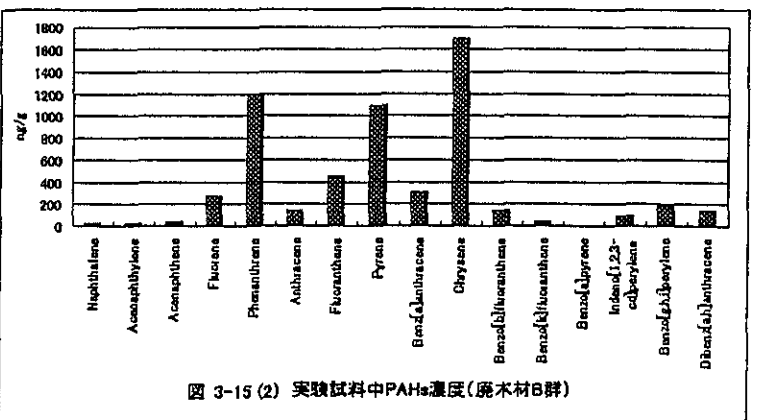


図 3-15 (2) 実験試料中PAHs濃度(廃木材B群)

(7)おわりに

本研究では、以下の知見を得た。二次燃焼炉出口での排ガス中のトータルPCDD/DFs毒性等価濃度は、燃焼室出口では、無機系薬剤処理木材を用いたRun1、有機系薬剤処理木材を用いたRun2ともに1.2ng-TEQ/Nm³であった。排ガススクラバ、活性炭吸着といった廃ガス処理を行うことにより、最終の排ガス濃度はいずれも0.1ng-TEQ/Nm³未満とすることができた。焼却残渣中濃度は、Run1で3.6ng-TEQ/g、Run2で2.8ng-TEQ/gとなっていた。PAHsに関しては、Run1の排ガス中で1600~6200ng/Nm³、Run2の排ガス中で1000~7100ng/Nm³であった。焼却残渣中のPAHsは、Run1で3300ng/g、Run2で4500ng/gとなっていた。実験試料中のPAHs濃度は、廃木材A群 (Run1) は240ng/g、廃木材B群 (Run2) は5800ng/gと、クレオソート処理されたと思われる廃木材B群の方が高かったが、Run1、2の排ガス中、焼却残渣中のPAHs濃度の違いはそれほど見られなかった。

焼却処分に関しては、排出された廃木材の68%が焼却処分されている。⁵⁾ 廃木材の中には、ダイオキシン類生成に影響すると考えられる、PCP薬剤で処理されたものがあり、今回の測定においても排ガス中、焼却残渣中のPCDD/DFs異性体分布において、高塩素化物の生成量が多くなっており、PCPがPCDD/DFs生成に寄与していたことが考えられた。また、木材は他の廃棄物中に含まれている塩素とともに焼却されることによって、PCDD/DFsの排出につながることも考えられる。今回の実験では、CCA処理木材中に一部、PCP処理木材が混入していたため、PCDD/DFsの挙動をとらえにくい部分はあったが、銅やその他の重金属類による触媒作用の影響があったことが考えられた。また、CCA中の重金属類自体が、排ガス中に揮散したり、焼却残渣中に残存することも確認された。

現在もCCAやクレオソートは使用されており、また、過去に生産されたPCP処理木材なども廃棄されるため、今後もしばらくは薬剤処理木材の排出が続いていくと考えられる。よって、薬剤処理廃木材の発生量に関して十分注意していくとともに、環境に与える影響を最小限に抑えていく必要がある。

参考文献

- 1 }高月紘、酒井伸一：有害廃棄物（クリーン、サイクル、コントロールの視点から）、中央法規（1993）
- 2 }角田邦夫：木材保存剤の研究・開発の動向、木材工業、Vol.52, No.5, pp.232-236（1997）
- 3 }廃棄物研究財団：「化学物質の循環・廃棄過程における制御方策に関する研究 廃木材発生動態調査報告書」（2000）
- 4 }酒井伸一：ダイオキシン類のはなし、日刊工業新聞社（1998）
- 5 }厚生白書（平成11年版）