

A-2 オゾン層破壊物質及び代替物質の排出抑制システムに関する研究

(1) 廃自動車等からのフロン類の回収システムとハロン類の分解技術システムに関する研究

④フッ素・臭素系化合物の高温分解に伴うダイオキシン類縁物質の排出抑制技術システムの開発

京都大学環境保全センター 高月 紘
酒井伸一

平成 11～13 年度合計予算額 7,339 千円
(うち、平成 13 年度予算額 0 千円)

[要旨]

ハロンの処理および非意図的な燃焼を視野に入れ、ハロンと臭素系難燃剤を含むパーソナルコンピューター (PC) の混焼試験をスクラバや活性炭吸着塔を備えたラボスケール炉にて行い、ハロンの分解効率を調査するとともにポリ臭素化ダイオキシン類 (PBDDs/DFs) 等の副生成物の燃焼過程における挙動を調査した。ハロン混入により CO 濃度は増加する傾向を示した。CO 抑制、ハロン分解を考慮すると、燃焼温度は 900℃以上が望ましいことがわかった。混焼試料が難燃剤を含み、ハロン添加量は投入試料重量比で 8.9%と高い比率であったが、系全体のハロン分解率は 99.996%と良好な分解率を示した。活性炭吸着塔出口の塩素化ダイオキシン類濃度は 0.11ngTEQ/Nm³ であり、ハロン添加による影響はみられなかった。

[キーワード] ハロン 1301、熱的分解、熱的副生成物、ポリ臭化ダイオキシン類

1. はじめに

オゾン層破壊物質には、CFC (フロン) の他にハロン、HBFC、メチルクロロホルム、四塩化炭素、臭化メチルなど様々なものがある。このうちハロンは高い消火効果と人体への影響の低さから、主に消火剤として使用されてきた化学物質である。現在、ハロンについてはモントリオール議定書を受けて先進各国での生産は規制されており、不用意な環境への放出防止およびエッセンシャルユースへの有効利用を目的としてハロンバンク等におけるハロンの登録、管理が行われている。現在、人命に関わる特定場所においてはハロンを使用した消火設備が設置されているが、同時にハロンに代わる消火剤の研究開発も進められている。現段階でハロンに代わる消火能力を持つ代替消火剤は見出されていないが、将来的に代替物への置き換えが行われた際に廃ハロンの処理が求められることとなる。また、ハロンバンクに登録されず、廃棄物処理過程へ混入することも想定される。

2. 研究目的

ハロンが的確に分解できること、およびダイオキシン類の非意図的な燃焼副生成を極力押さえることを念頭に入れ、パーソナルコンピューター (PC) とハロンの混焼試験をスクラバや活性炭吸着塔を備えたラボスケール炉にて行い、ハロンの分解効率を調査すると共に臭素化ダイオキシン類 (PBDDs/DFs) 等の副生成物の燃焼過程における挙動を調査することを目的とした。

3. 研究方法

(1) 実験方法および試料

キルン型小型燃焼炉（能力：約 1 kg/hr）にて臭素化難燃剤を含む廃棄物とハロンガス（ハロン 1301, CF₃Br）の混焼試験を行った。燃焼装置のフローを図 1 に示す。スクリーフィーダー式の試料供給装置から試料が一定量供給され、キルン燃焼炉で燃焼される。燃焼ガス及び未燃分ガスは二次燃焼炉へ導入され、一定温度で一定時間燃焼される。二次燃焼炉を経た燃焼ガスは冷却塔において急冷され、スクラバで主に酸性ガスが除去される。スクラバを経たガスはデミスターにより水分を除去した後、活性炭吸着塔へ導入、排出される。

燃焼試験の投入試料はパーソナルコンピューター（PC）にプリント基板を混合したもの（PC 系）、PC 系の試料にハロン 1301（CF₃Br）を添加したもの（PC+ハロン系）とした。ガス冷却塔出口温度は両系列において 200℃に設定して試験を行った。固体試料投入量は 0.75kg/hr に設定したが、ケーシング材とプリント基板を 2：1 となるように混合したものを供給した。燃焼試験条件は、表 1 のとおりである。

試料の分析は、投入試料、焼却残渣および燃焼排ガスについて行った。分析は試料中のハロゲン元素、臭素化難燃剤、臭素化ダイオキシン類、塩素化ダイオキシン類、臭素塩素化ダイオキシン類、およびその前駆物質となりうるプロモベンゼン、プロモフェノール、さらには重金属類について測定を行った。燃焼排ガスの採取はキルン出口、二次燃焼炉出口、冷却塔出口、活性炭吸着塔出口の計 4ヶ所にて行った（図 1）。分析項目はガス試料については、ハロゲンガス、ハロゲン化水素、ハロン、硫黄酸化物（SO_x）、ダスト、臭素化難燃剤、臭素化ダイオキシン類、塩素化ダイオキシン類、臭素塩素化ダイオキシン類、プロモベンゼン、プロモフェノールおよび、フッ化ベンゼン、重金属類について測定を行った。また、燃焼試験時には炉内温度や酸素濃度、一酸化炭素濃度測定を連続的に行った。

ハロンの分析は一定量を濃縮・加熱脱着した後、GC/MS により測定した。臭素化ダイオキシン類（PBDDs/DFs）、塩素化ダイオキシン類（PCDDs/DFs）に関しては、ダイオキシン類標準測定分析マニュアル JIS K0311 に準拠し測定した。

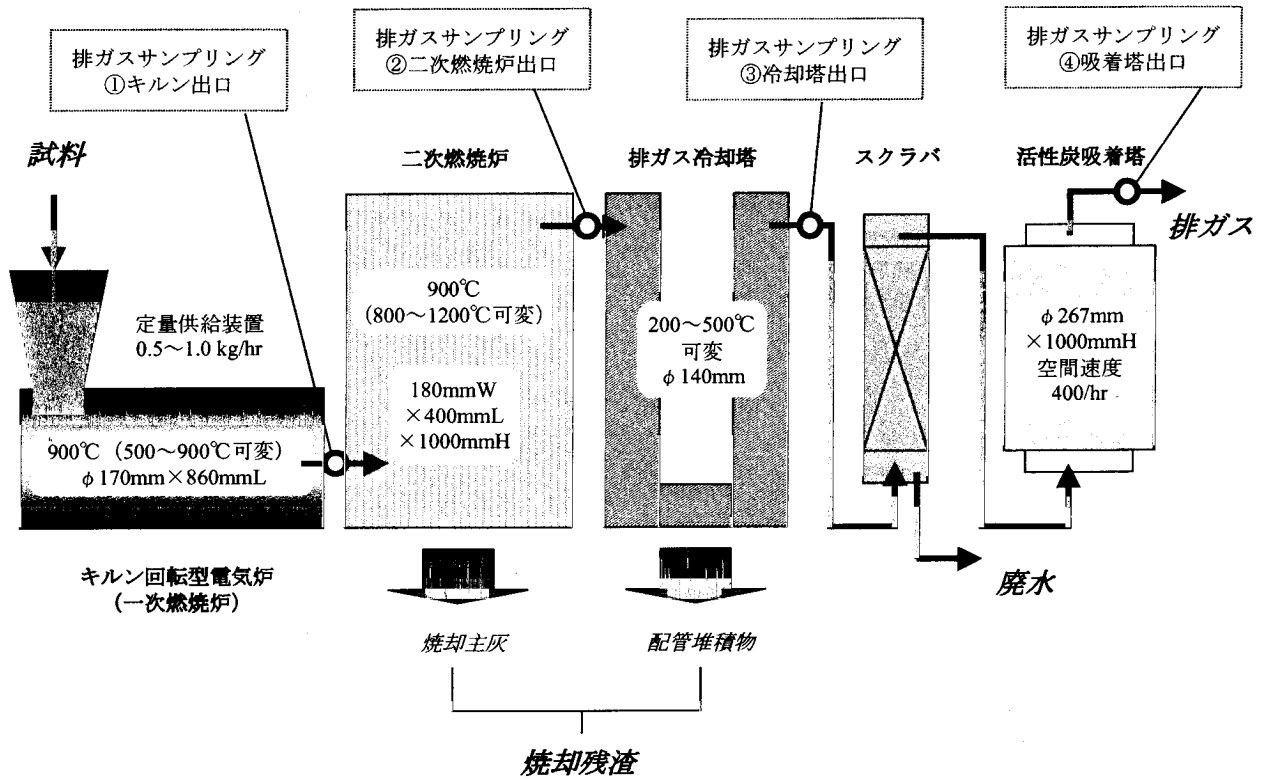


図1 燃焼試験装置概要およびサンプリングポイント

表1 燃焼実験条件

実験系列		パソコン系	パソコン+ハロン系
投入試料	燃焼試料	廃PCケーシング材	
		投入量 (kg/hr)	0.5
	混入試料 (固形)	PCプリント基板	
		投入量 (kg/hr)	0.25
	混入試料 (ガス)	-	ハロン1301 (CF ₃ Br)
	投入量 (Nm ³ /hr)	-	0.01
運転条件			
一次燃焼炉条件	燃焼温度	900℃	
	燃焼空気比	1.5	
	滞留時間	40min	
二次燃焼炉条件	燃焼温度	900℃	
	燃焼空気比	0.5	
	滞留時間	7sec	
ガス冷条件	出口ガス温度	200℃	
	ガス滞留時間	2sec	

4. 結果・考察

(1) ハロンの分解

廃 PC にハロンを導入した系列でのハロン導入量は $0.01\text{Nm}^3/\text{hr}$ であり、添加重量に換算して $66.5\text{g}/\text{hr}$ であった。試料導入量が $750\text{g}/\text{hr}$ であるから、導入量としては供試重量にして約 8.9% となる。フロン処理ガイドラインでは分解効率の問題からフロンの導入量は重量比で 2% 程度であることが推奨されているが、本実験では処理要項よりも高い比率でハロンを混合していることになる^り。

PC+ハロン系におけるハロンの物質フローを図 2 に示す。各測定ポイントにおける対象物質量は「測定濃度×時間当たりのガス(残渣)発生量×時間」により求められる。図中に流入量および排出量、ならびに流入量を 100 としたときの排出量の比率を示している。これよりハロンの分解率は、 $100 - 0.0040$ より 99.996% である。したがって、CFC 破壊処理ガイドラインの推奨値よりも高い比率でハロンを添加しているが、ガイドラインでの処理目標値をクリアしており、ハロンの分解効率としては高く、比較的良好な処理結果を示したと言える。

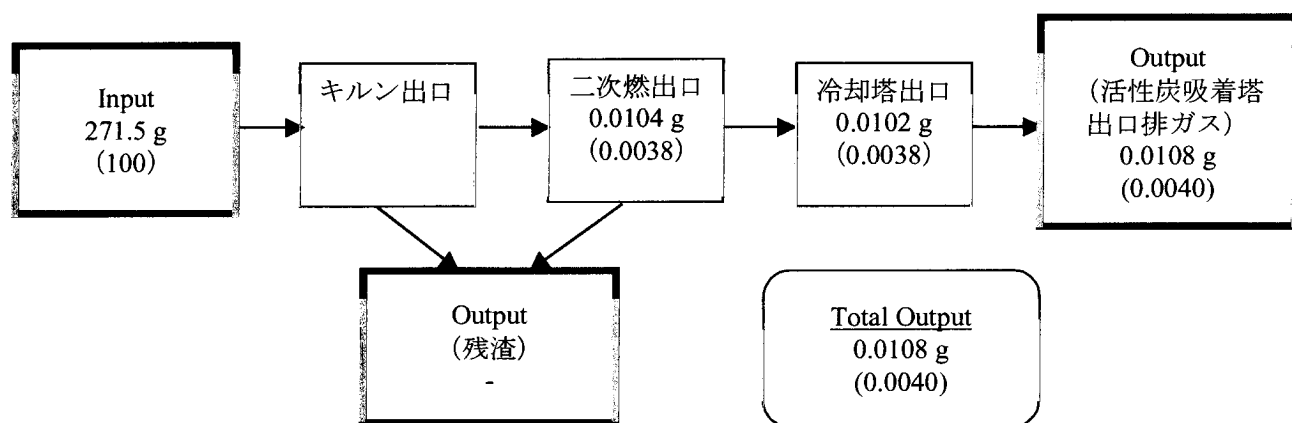


図 2 ハロン物質フロー (パソコン+ハロン系)

次に、高い燃焼抑制効果をもつハロンの混入により炉内の燃焼状態が変化すると考えられることから、ハロン混入の有無や燃焼温度の変化といった燃焼条件を 4 条件設定し、燃焼廃ガスへの影響を調査した。燃焼条件としては最初に廃 PC を試料として一次燃焼および二次燃焼温度を共に 900°C に設定したハロン無添加の系 (条件①)、次に同じ PC 試料にハロンを添加し (条件②)、更に PC+ハロン系において二次燃焼炉温度を 950°C に増加し (条件③)、最後に一次燃焼温度および二次燃焼温度を共に 800°C とした (条件④)。これら燃焼条件と、測定された二次燃焼炉出口廃ガス中のハロン濃度および CO 、 O_2 濃度の平均値をまとめて表 2 に示す。ハロンの混入により CO 濃度は増加した。ハロンの添加を行った条件②~④を見ると、二次燃焼温度が 900°C 以上のとき二次燃焼炉出口のハロン濃度はほとんど変わらなかったが、一次燃焼温度および二次燃焼温度が 800°C になったとき、ハロン濃度は 1 オーダー以上高い値を示した。

表2 各燃焼条件におけるハロンの挙動

	燃焼条件			廃ガス濃度 (二次燃焼炉出口)		
	キルン燃焼炉	二次燃焼炉	ハロン添加	CO (ppm)	O ₂ (%)	ハロン (mg/Nm ³)
①	900℃	900℃	無	<1	13.7	<0.01
②	900℃	900℃	有	48	14.6	0.99
③	900℃	950℃	有	1.5	13.7	1.4
④	800℃	800℃	有	250<	14.3	88

(2) ハロゲン、ハロゲン化水素

本実験では、プラスチックに添加されている塩素や難燃剤として使用されている臭素、さらにはハロンに由来するフッ素や臭素の燃焼生成物が燃焼ガスに含まれて、発生することが想定される。これらハロゲンの水素化物は反応性が高く副生成物の生成に関与する可能性がある。実験試料中のハロゲン含有量について表3に示す。パソコン+プリント基板試料には塩素が3.2%、臭素が1.6%含有されていた。

表3 投入試料中のハロゲン含有率

燃焼試料 一次燃焼炉条件 ガス冷却条件		廃PC+プリント基板	廃PC+プリント基板
		900℃、φ1.5 200℃、2sec	+ハロンガス 900℃、φ1.5 200℃、2sec
サンプリング箇所		実験試料	実験試料
塩素 (Cl ₂) 濃度	%	3.16	3.16
臭素 (Br ₂) 濃度	%	1.56	1.56
フッ素 (F ₂) 濃度	%	-	0.03

排ガスの結果を表4に示す。塩化水素ガスに関しては二次燃焼炉出口、冷却塔出口で高濃度を示している。これら塩化水素の多くはスクラバおよび活性炭吸着塔で除去されており、最終的に99.5%以上は除去されている。塩素ガスについてはガス冷却塔出口から活性炭吸着塔出口にかけて減少傾向が認められた。臭化水素に関しては、試料中に臭素系難燃剤が含有され、試料中臭素存在比率が1.6%前後であったことを反映して、両系列の二次燃焼炉出口において550~860 ppmという濃度を示している。これらの臭化水素ガスは冷却塔、スクラバ、活性炭吸着塔を経ることにより減少しているが、最終排ガスにおいて塩化水素と比して高い濃度を示している。また、パソコン+ハロン系においては出口濃度がパソコンのみの系列に比してやや高かったことから、ハロン添加処理時には酸性ガス対策に注意が必要であると言えよう。

表4 排ガス中ハロゲン化合物濃度

燃焼試料 一次燃焼炉条件 ガス冷却条件		廃PC+プリント基板			廃PC+プリント基板+ハロンガス				
		900℃、φ1.5 200℃、2sec			900℃、φ1.5 200℃、2sec				
サンプリング箇所	単位	二次燃	冷却塔	吸着塔	キルン	二次燃	冷却塔	吸着塔	
排ガス量 (乾き)	Nm ³ /hr	(5.1)	(5.1)	(5.1)	(5.1)	(5.1)	(5.1)	(5.1)	
塩化水素 (HCl) 濃度 実測	ppm	1,700	920	6.4	3,700	2,000	2,500	1.1	
	12%O ₂ 換算	ppm	2,200	1,200	10	3,700	2,500	3,800	1.8
塩素 (Cl ₂) 濃度	mg/Nm ³	47	95	55	19	12	10	5.4	
臭素 (Br ₂) 濃度	mg/Nm ³	15	<1	<1	2,200	1,800	720	4.9	
臭化水素 (HBr) 濃度 12%O ₂ 換算	ppm	550	380	52	1,900	860	790	82	

(3) ダイオキシン類の挙動

① 臭素化ダイオキシン類

PC系およびPC+ハロン系のPBDDs/DFsフローを図3に示す。PBDDs/DFsの流入量は30mg/kg試料であり、同族体分布をみると投入試料ではPBDFsのみが検出された。この値は過去に検出されたポリマー中のPBDDs/DFsの含有濃度に比べて高い値である²⁾。廃ガスおよび焼却残渣の同族体分布では、投入試料と比較して低臭素化物へのシフト、低臭素化PBDDsの生成が認められた。排ガス中の挙動に関しては、冷却塔出口で濃度上昇が認められたものの、活性炭吸着塔を経ることにより最終排ガスでは大きく濃度が減少した。その結果、排出量の大半が焼却残渣によるものとなり、PC系、PC+ハロン系ともに99.995%の分解率を示した。

PCDDs/DFsに関しては、最終の活性炭吸着塔出口の廃ガス濃度はPC系で0.024ngTEQ/Nm³、PC+ハロン系で0.11ngTEQ/Nm³であった。また、PCDDs/DFsの流入量、排出量を計算した結果、流入量0.48~0.59μgTEQ/kg試料に対し、PC系の排出総量は0.074μgTEQ/kg試料、PC+ハロン系の排出総量は0.036μgTEQ/kg試料となった。これは流入量の12.5%(PC系)、7.6%(PC+ハロン系)に相当する。PBDDs/DFsと同様に排出量の殆どは焼却残渣によるものであった。

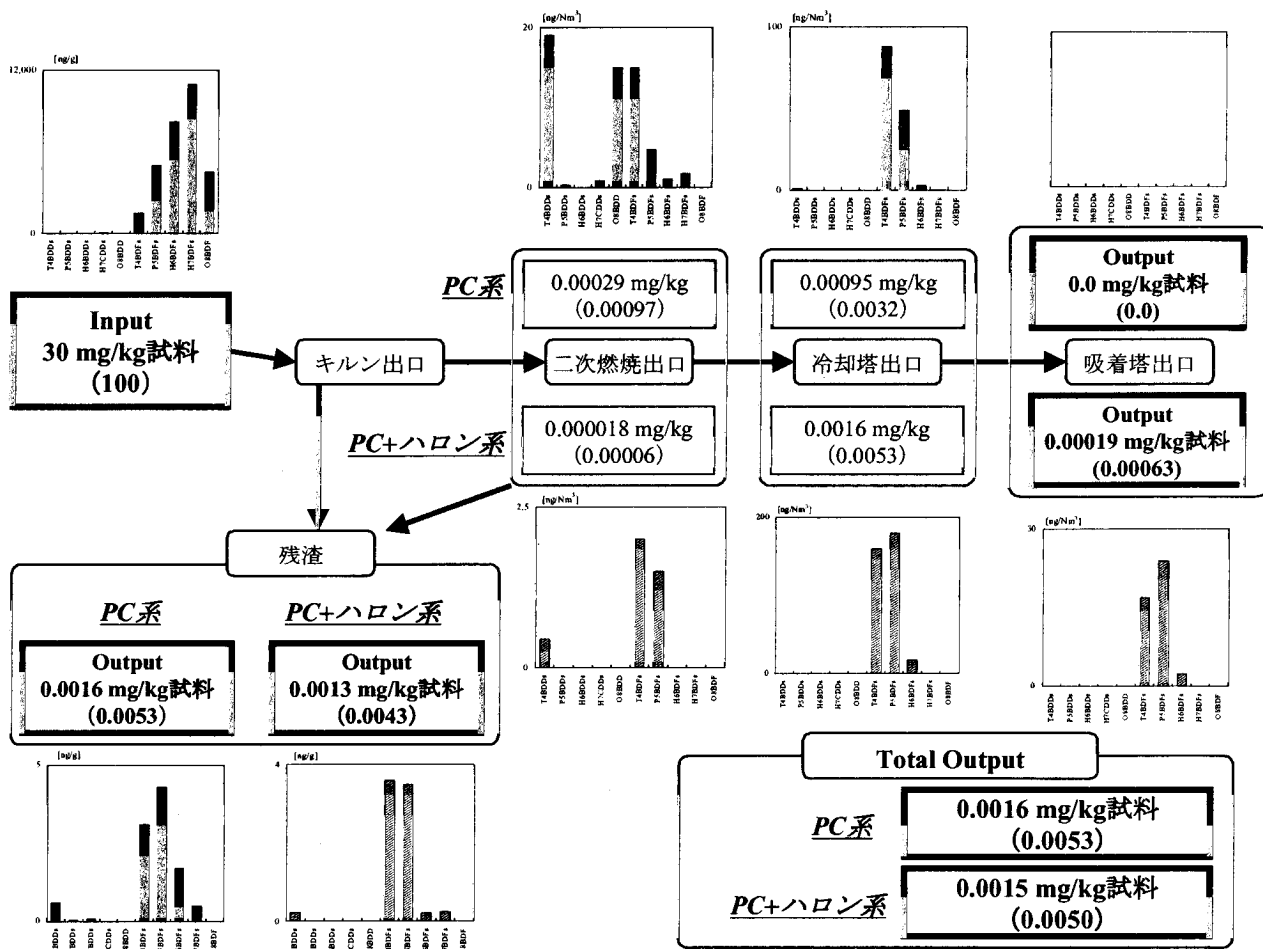


図3 ハロン1301の燃焼分解におけるPBDDs/DFsフロー (PC [パソコン]系、PC+ハロン系)

② 塩素化ダイオキシン類

試料中のハロゲン濃度は、パソコン系列の試料では Cl が 3.2%、Br が 1.6% 含有されていた (表 3 参照)。したがって、燃焼過程で PCDDs/DFs が新たに生成する可能性は十分にあると考えられる。そこで、試料中および燃焼過程での PCDDs/DFs 測定結果について検討する。パソコン系列の PCDDs/DFs 毒性換算濃度のフローを図 4 に示す。この系列では実測濃度において二次燃焼炉出口での大幅な濃度上昇が認められたが、毒性換算濃度でも投入された PCDDs/DFs 量を一時的に上回っている。その後、冷却塔出口、活性炭吸着塔出口では急激に減少しているが、この二次燃焼炉出口での濃度上昇は次に述べるパソコン+ハロン系列の結果と大きく異なる点である。なお、最終の活性炭吸着塔出口の PCDDs/DFs 濃度は 0.024ngTEQ/Nm³ であった。異性体分布をみると、ほとんどの異性体が検出されており、様々な異性体が生成されたことが分かる。

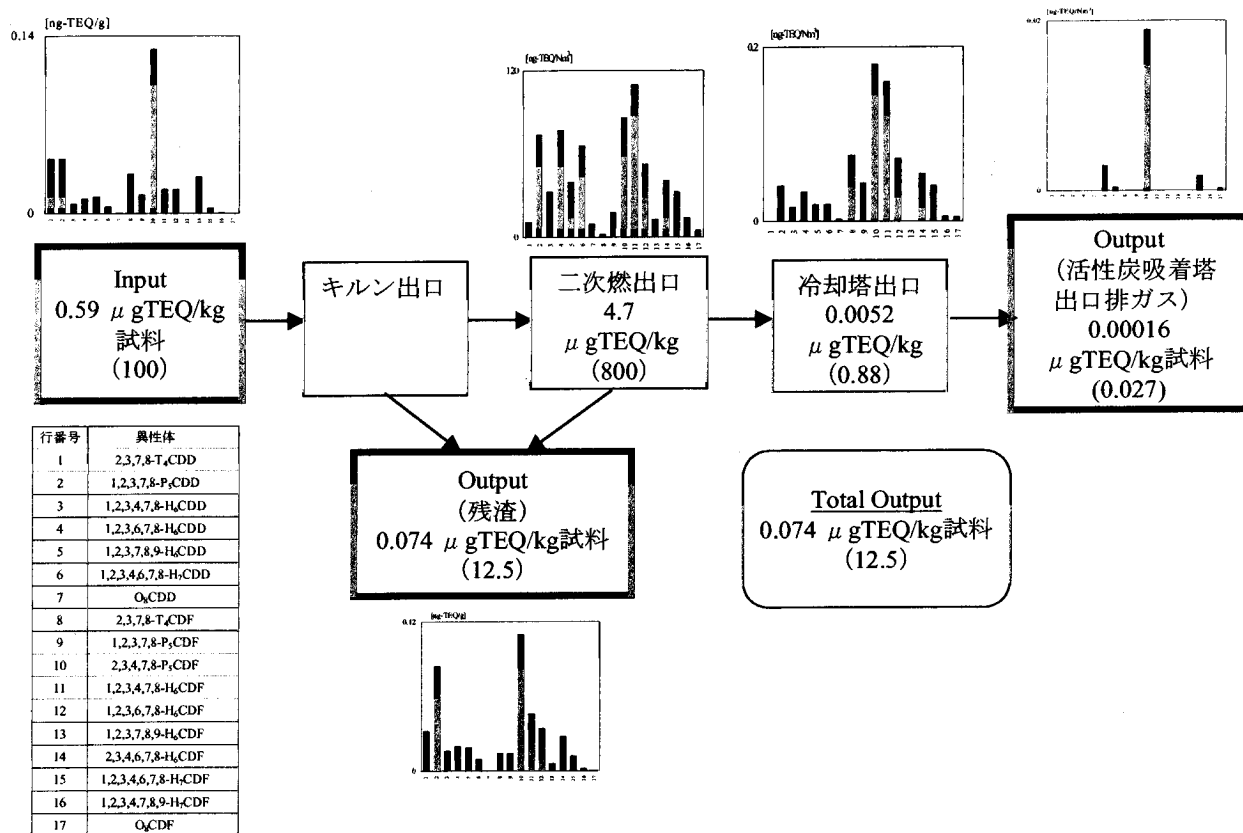


図4 パソコン系 PCDDs/DFs (毒性換算) フロー

パソコン+ハロン系の PCDDs/DFs 毒性換算濃度フローを図5に示す。この系では前述のパソコン系と異なり、二次燃焼炉出口での濃度上昇は認められなかった。流入量 $0.48 \mu\text{g TEQ/kg}$ 試料に対する排出総量は、 $0.036 \mu\text{g/kg}$ 試料であり、流入量の 7.6%に相当する。他の系列と同様に排出量のほとんどは焼却残渣によるものであった。最終の活性炭吸着塔出口の PCDDs/DFs 濃度は 0.11ngTEQ/Nm^3 であり、ハロン添加による影響は見られていない。異性体分布については濃度の増減に相違はあるもののパソコン系列と類似した分布を示していた。

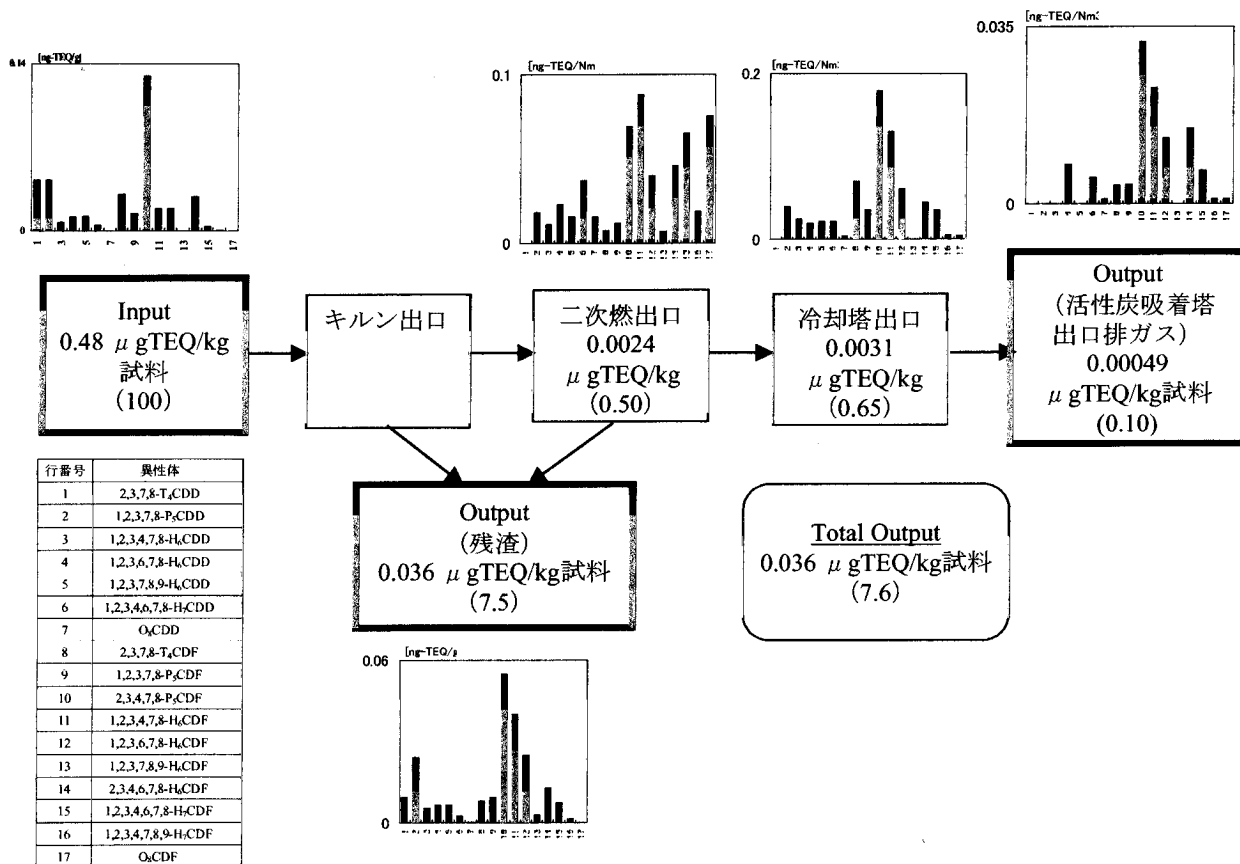


図5 パソコン+ハロン系 PCDDs/DFs (毒性換算) フロー

③ 臭素塩素化ダイオキシン類

臭素塩素化ダイオキシン類については、塩素供給源および臭素系難燃剤などの臭素化有機物質の存在下での燃焼により PBDDs/DFs よりも多量に生成する可能性がある。試料中の臭素塩素化ダイオキシン類 (PXDDs/DFs) については、パソコンケーシング、パソコンプリント基板について測定は行っていない。しかし、別実験にて分析を行ったテレビケーシング材およびテレビプリント基板についての結果では、テレビケーシング材およびテレビプリント基板中の $\text{Br}_1\text{Cl}_y\text{DDs/DFs}$ は $\text{ND} < 0.05 - 0.09\text{ng/g}$ で全て定量下限未満であった。また、 $\text{Br}_x\text{Cl}_1\text{DDs/DFs}$ については、テレビプリント基板中にフラン類が検出され、その総量は 9.5ng/g であった。

次に燃焼過程での Br₁Cl_yDDs/DFs の分析結果を表 5、6 に示す。燃焼過程での挙動は概ね二次燃焼炉出口で最も高い濃度を示し、その後徐々に減少する傾向であったが、パソコン+ハロン系列では二次燃焼炉出口から冷却塔出口にかけて濃度上昇が認められた。増加傾向が特に認められたのはフラン類であった。

表 5 排ガス中 Br₁Cl_yDDs/DFs 濃度 [ng/Nm³]

	パソコン系列			パソコン+ハロン系列		
	二次燃	冷却塔	吸着塔	二次燃	冷却塔	吸着塔
Br ₁ Cl ₃ DDs	130	<0.02	<0.02	<0.04	1.3	<0.009
Br ₁ Cl ₄ DDs	410	<0.02	<0.02	0.60	2.2	<0.009
Br ₁ Cl ₅ DDs	780	<0.05	<0.05	3.4	3.4	<0.01
Br ₁ Cl ₆ DDs	1400	0.57	<0.1	17	8.6	0.71
Br ₁ Cl ₇ DDs	560	<0.2	<0.2	24	8.4	0.70
Total Br ₁ Cl _y DDs	3300	0.57	ND	45	24	1.4
Br ₁ Cl ₃ DFs	190	4.0	<0.02	5.7	120	2.8
Br ₁ Cl ₄ DFs	350	1.5	<0.02	7.5	42	3.7
Br ₁ Cl ₅ DFs	760	0.76	<0.05	9.0	34	<0.01
Br ₁ Cl ₆ DFs	840	1.9	<0.1	25	32	4.2
Br ₁ Cl ₇ DFs	300	1.1	<0.2	82	23	2.8
Total Br ₁ Cl _y DFs	2400	9.3	ND	130	250	14
Total Br ₁ Cl _y DDs/DFs	5700	9.9	ND	180	270	15

表 6 焼却残渣中 Br₁Cl_yDDs/DFs 濃度 [ng/g]

	パソコン系列	パソコン+ハロン系列
Br ₁ Cl ₃ DDs	1.4	4.7
Br ₁ Cl ₄ DDs	0.84	2.3
Br ₁ Cl ₅ DDs	0.2	1.5
Br ₁ Cl ₆ DDs	0.94	0.95
Br ₁ Cl ₇ DDs	0.44	0.35
Total Br ₁ Cl _y DDs	3.8	9.8
Br ₁ Cl ₃ DFs	3.0	13
Br ₁ Cl ₄ DFs	1.7	13
Br ₁ Cl ₅ DFs	1.2	4.5
Br ₁ Cl ₆ DFs	1.1	2.1
Br ₁ Cl ₇ DFs	0.17	0.42
Total Br ₁ Cl _y DFs	7.2	33
Total Br ₁ Cl _y DDs/DFs	11	43

表 7、8 に排ガスおよび焼却残渣中の Br_xCl₁DDs/DFs の分析結果を示す。Br_xCl₁DDs/DFs については、Br_xCl₁DFs の検出率が高く、パソコン系、パソコン+ハロン系では冷却塔出口での濃度上昇が認められた。特にハロンを添加した系列では上昇率が高く、特に低塩素化 Br_xCl₁DFs が大幅に上昇していた。このことは、臭素含有率上昇による臭素化ダイオキシン類生成への影響を示唆しており、PCDDs/DFs 同様、その他の燃焼条件から大きな影響を受けることは予想されるが、臭素濃度上昇による副生成物の濃度上昇には十分に注意を払う必要があるといえる。

表7 排ガス中 BrxCl₁DDs/DFs 濃度 [ng/Nm³]

	パソコン系列			パソコン+ハロン系列		
	二次燃	冷却塔	吸着塔	二次燃	冷却塔	吸着塔
Br ₃ Cl ₁ DDs	<0.02	<0.02	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01
Br ₄ Cl ₁ DDs	<0.02	<0.02	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01
Br ₅ Cl ₁ DDs	<0.1	<0.1	<0.1	<0.05	<0.05	<0.05
Br ₆ Cl ₁ DDs	<0.1	<0.1	<0.1	<0.05	<0.05	<0.05
Br ₇ Cl ₁ DDs	<0.7	<0.7	<0.7	<0.2	<0.2	<0.2
Total BrxCl ₁ DDs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Br ₃ Cl ₁ DFs	19	37	19	1.4	170	8.3
Br ₄ Cl ₁ DFs	<0.02	0.74	<0.02	0.27	64	6.2
Br ₅ Cl ₁ DFs	<0.1	<0.1	<0.1	<0.05	7.8	0.71
Br ₆ Cl ₁ DFs	<0.1	<0.1	<0.1	<0.05	<0.05	<0.05
Br ₇ Cl ₁ DFs	<0.7	<0.7	<0.7	<0.2	<0.2	<0.2
Total BrxCl ₁ DFs	19	38	ND	1.7	240	15
Total BrxCl ₁ DDs/DFs	19	38	ND	1.7	240	15

表8 焼却残渣中 BrxCl₁DDs/DFs 濃度 [ng/g]

	パソコン系列	パソコン+ハロン系列
Br ₃ Cl ₁ DDs	0.59	0.11
Br ₄ Cl ₁ DDs	0.16	0.027
Br ₅ Cl ₁ DDs	<0.005	<0.005
Br ₆ Cl ₁ DDs	<0.005	<0.005
Br ₇ Cl ₁ DDs	<0.02	<0.02
Total BrxCl ₁ DDs	0.75	ND
Br ₃ Cl ₁ DFs	3.3	2.9
Br ₄ Cl ₁ DFs	0.86	0.6
Br ₅ Cl ₁ DFs	0.098	0.027
Br ₆ Cl ₁ DFs	0.15	0.046
Br ₇ Cl ₁ DFs	<0.02	<0.02
Total BrxCl ₁ DFs	4.4	3.6

5. 本研究より得られた成果

本実験ではラボスケールの燃焼炉を用いて、パーソナルコンピューター (PC) のケーシングを試料とした燃焼試験、さらにはこの試料に消火剤として使用されてきたハロンを添加した燃焼試験を行い、燃焼過程でのハロンの分解効率、また処理に伴い発生した副生成物の挙動を PC ガス流れに沿った数ヶ所のサンプリングポイントで測定することにより把握した。

ハロンの分解効率について、混焼試料が難燃剤を含む上、ハロン添加量は投入試料重量比で 8.9% と高い比率であったが、99.996% と良好な分解率を示した。ダイオキシン類は、PC 試料中に特に PBDDs/DFs が ppm レベルで含有されていた。総排出量は 0.0016 mg/kg 試料であった。この排出量の全量が焼却残渣によるものであり、この系での分解率は 99.995% であった。次に各測定ポイントでの濃度変化をみると、二次燃焼炉出口までに 99.99% 分解した PBDDs/DFs が冷却塔出口では若干上昇

していた。しかし、吸着塔を経ることにより最終排ガスでは定量下限未満まで減少した。燃焼抑制効果を持つハロンを添加したが、PC 系列と比較して PBDDs/DFs の総排出量に差は認められなかった。塩素化ダイオキシン類については、臭素化ダイオキシン類と比較して試料中には低い濃度で含有されていたが、PC 系では二次燃焼炉出口において 10 倍近い濃度上昇が認められた。しかし、ハロンを添加している以外は同一条件の PC+ハロン系では濃度上昇が認められず、また、二次燃焼炉における塩素、塩化水素濃度に大きな差は認められなかった。

全体としてハロンの分解効率は 99.99% 以上であり、有機ハロゲン物質、無機ハロゲン化物の総排出量は全て流入量を下回った。また、主要な排出経路としてはハロゲン化水素などガス体の物質を除き、ほとんどの場合、焼却残渣によるものであった。また、一部酸性ガス、およびプロモフェノールについては濃度によって、スクラバ、活性炭吸着塔での除去効率が低い場合があり、特にこれらの有機臭素系難燃剤やハロン熱処理に際しての薬剤量などには注意が必要であろう。

6. 引用文献

- 1) 環境庁大気保全局、CFC 破壊処理ガイドライン (改訂版) (1999)
- 2) Environmental Health Criteria 205 Polybrominated Dibenzop-dioxins and Dibenzofurans, International Program on Chemical Safety (WHO) (1998)

[国際共同研究等の状況]

なし

[研究成果の発表状況]

(1) 誌上発表

- ① 酒井伸一：有機臭素系のダイオキシン類縁化合物、廃棄物学会誌、Vol.11, No.3, 210-222 (2000)

(2) 口頭発表

- ① 酒井伸一、渡辺純、高月紘、浦野真弥、青木勇：第 22 回全国都市清掃研究発表会 (2001)
「ハロンの燃焼分解における副生成物の挙動」

(3) 出願特許

なし

(4) 受賞等

なし

(5) 一般への公表・報道等

なし

(6) その他成果の普及、政策的な寄与・貢献について

なし