

C F C 及び H F C の安全破壊技術の開発

上出 光志, 岡 喜秋, 山越 幸康, 保科 秀夫
鍛冶 彰男*, 鈴木 洋一*, 國田 勲*

Development of Safety Processing Technique of CFC and HFC

Mitsushi KAMIDE, Yoshiaki OKA
Yukiyasu YAMAKOSHI, Hideo HOSHINA
Akio KAJI*, Yoichi SUZUKI*, Isao KUNITA*

キーワード：特定フロン，代替フロン，破壊，ダイオキシン，オゾン層

key words：CFC, HFC, decomposite, dioxin, ozone layer

1. はじめに

フロンの大気放出によるオゾン層破壊，地球温暖化など地球規模の環境破壊問題に対処するため，フロンの安全な破壊技術の開発を行った。フロンは特定フロンと代替フロンに大きく分けられる。本研究開発ではクーラー，冷蔵庫，断熱材などに使われオゾン層破壊係数がきわめて大きい特定フロンのCFC12，CFC11，特定フロンの代替として使われ地球温暖化係数の最も大きいHFC134aについて既存の廃棄物焼却炉を用いて，破壊処理を行い，その際にダイオキシン及びフッ化物の生成が抑制される処理技術を開発した。なお，特定フロン，代替フロンの破壊処理技術開発は事業化のために行い，断熱材フロンの破壊処理技術開発は国内の環境基準策定を進める環境省委託を受けて行った。また，特定フロンの破壊については環境省が示す“フロン破壊指針¹⁾”にそって技術開発を進めた。

2. 実験施設の概略

フロンの破壊実験は図2.1に示す既存の産業廃棄物焼却炉（以下STB炉）を利用したフロン破壊処理装置で行った。図中の記号T1，T2，T3，G1，G2はそれぞれ温度測

定位置，排ガスサンプリング位置を示す。

2.1 焼却炉本体

フロン破壊実験に使用したSTB炉全体を図2.2，その仕様を表2.1に示した。図2.1中の一次焼却室は写真の右下に相当し，二次燃焼室は左上に相当する。一次焼却室で廃タイヤは熱分解後ガス化し，二次燃焼室で完全に燃焼される。また，二次燃焼室内燃焼温度は1050～1250℃，室内の酸素濃度は任意に設定でき，フロン分解の際には8%に維持した。フロンは二次燃焼室底部から注入され，図中の囲まれたフロン破壊領域（二次燃焼室，14mの煙道）で破壊される。この間の滞留時間は最大燃焼条件下で最短2秒である。これらの諸条件は“特定フロン破壊指針”にある破壊の条件【排ガス温度800℃以上，酸素濃度8%，一酸化炭素濃度100ppm以下，排ガスの滞留時間2秒以上】を十分に満たしている。また，この燃焼温度管理などSTB炉の運転はコンピュータによって管理されており，フロン破壊のための諸条件が安定して維持できる。

2.2 排ガス処理装置

排ガス処理装置を図2.3に示す。二次燃焼室を出た1050～1250℃の排ガスは長さ14mの煙道内を経て，850～950℃まで温度低下し排ガス処理装置内に導入される。ここで排ガスはアルカリ洗浄液が噴霧されている冷却ゾーン，反応ゾーンを経て80℃まで急冷され，有毒ガスが除去されるとともにダイオキシンの再合成が抑制される。その後排ガスは，液分を除去された後大気へ放出される。

* 協業組合 北海道エコシス

* Hokkaido Ecosys Co.,Ltd., Obihiro, JAPAN

事業名：技術開発派遣指導

課題名：焼却設備からの有害生成物の抑制技術に関する研究

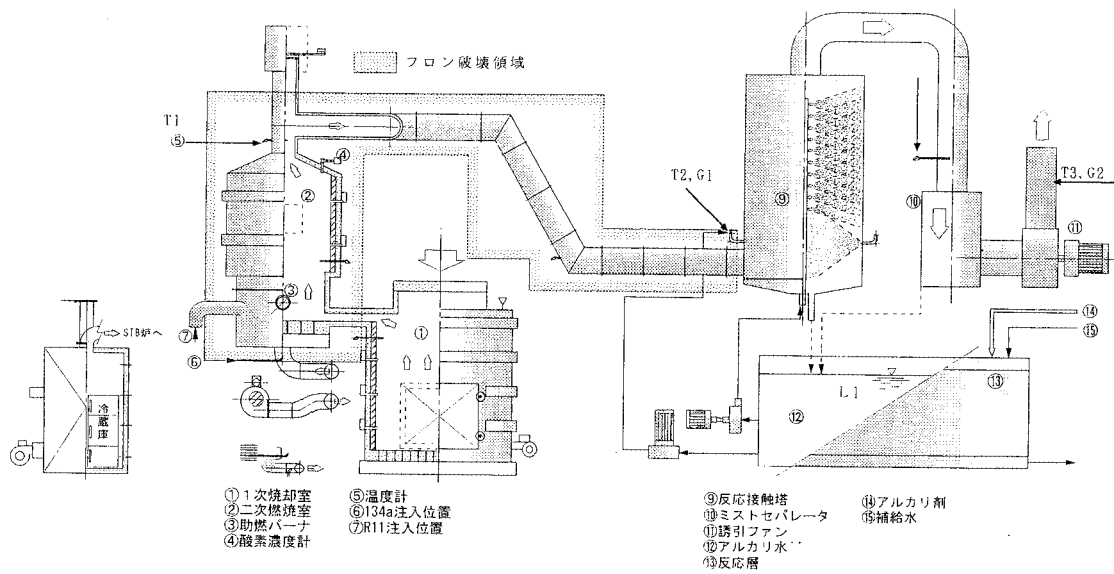


図 2. 1 フロン破壊処理装置概略図

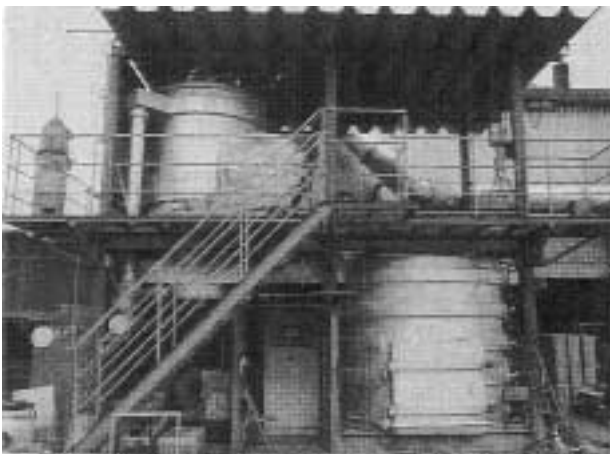


図 2. 2 STB焼却処理装置

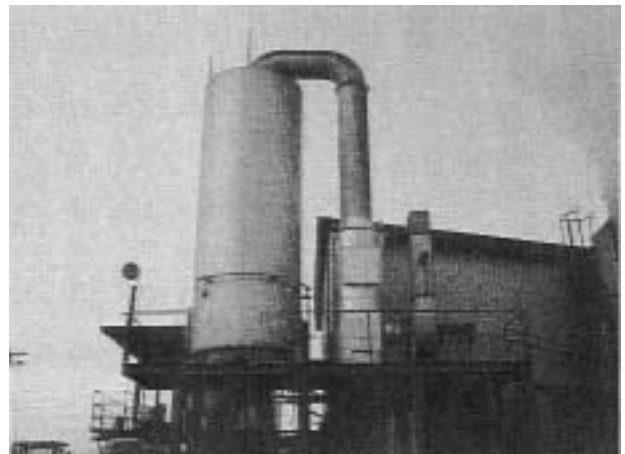


図 2. 3 排ガス処理装置外観

表 2. 1 焼却炉の仕様

焼却能力	275 kg/h (発熱量6000kcal/kg、揮発分65%換算)	
焼却対象物	廃プラスチック、廃油、木くず、汚泥、廃タイヤなど	
焼却施設の規模	3.0m × 6.3m × 6.0m	
炉内の容量		
1次燃焼室	内容積 10.4m ³ (内径2.4m×高さ2.3m)	
	内 壁 耐火レンガ及び耐火キヤスタブル複合構造	
2次燃焼室	内容積 5.6m ³ (内径1.2m×高さ0.9m+内径1.6m×高さ2.3m)	
	内 壁 耐火レンガ及び耐火キヤスタブル複合構造	
煙 道	2.7m ² (φ0.5m×14m)	
項 目	設定温度	測定位置
1次燃焼室出口温度	300~1050°C	
2次燃焼室入口温度	850~1050°C	
2次燃焼室出口温度	1050~1150°C	図2中のE、T1
排ガス処理装置入口温度	850~1000°C	図2中のT2
排ガス処理装置入口CO濃度	1ppm以下	図2中のG1、G2
排ガス処理装置入口O ₂ 濃度	7~15%	図2中の⑧、G1
	フロン破壊実験中は酸素濃度8%で制御した。	
冷却後の排ガス、スクラバ水温度	80°C	図2中の⑩、G1
滞留時間	min. 2秒	

2.3 フロン注入装置

フロン定量注入装置を図2. 4~2. 5に示し、装置仕様を表2. 2に示した。この装置では10kgポンペを同時に3本装填でき、最大30kg/hのフロンを安定して注入できる。なお、フロンは破壊領域全体(図2. 1中の囲まれた部分)が850°C以上に維持されている期間のみ二次燃焼室の底から注入されるようにコントロールされている。また、帯広地区は寒冷な気候のためポンペの加温は温風加熱とし、38°Cに設定した。

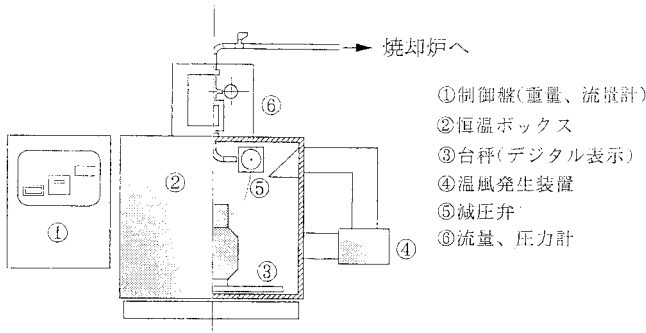


図 2. 4 フロン注入装置

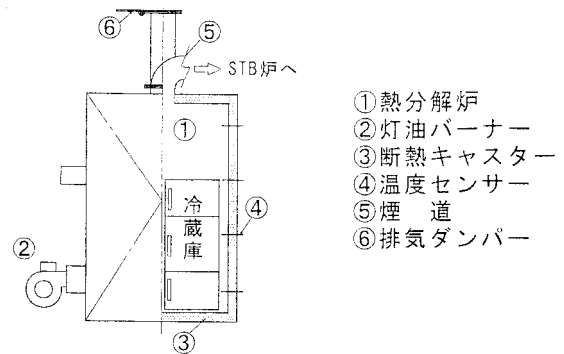


図 2. 6 断熱材熱分解装置

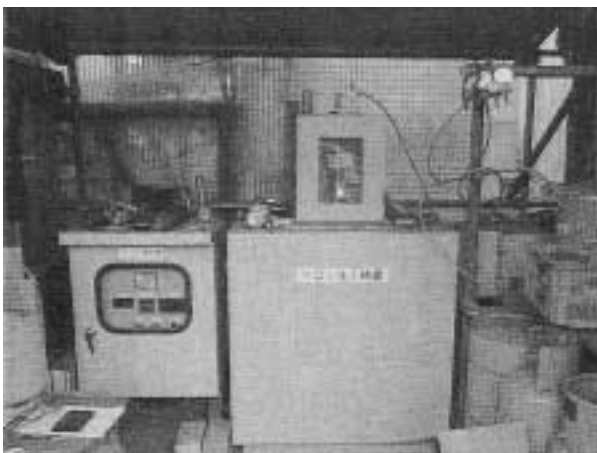


図 2. 5 フロン注入装置外観

表 2. 2 フロン注入装置仕様

加温ヒータ	AC200V-200W × 9	on-off制御
攪拌ファン	温風循環用 5m ³ /min、100mmφ、0.4kW	
重量測定器	定格荷重 50kg 台秤面積 600 × 600	
温度検出器	フロンポンペ温度コントロール用、Pt100Ω	

2.4 断熱材熱分解装置

断熱材熱分解装置を図 2. 6、装置仕様を表 2. 3 に示した。本装置は冷蔵庫を破砕せずに最大 4 台まで処理することが可能で、熱分解によって放出された R11 を含む熱分解ガス（以下可燃ガス）は煙道を通して STB 炉の二次燃焼室下部に直接導入される。熱分解装置の始動は、破壊領域全体（図 2. 1 中の囲まれた部分）が 850℃ 以上となった時点で行う。処理する冷蔵庫はあらかじめ冷媒の抽出、有価物の除去がされており、熱分解後は同加熱分解炉でプラスチック部分を焼却処分し、残さは化粧板（鉄板）のみとなる。また、熱分解、燃焼を含むすべての行程は 5 時間程度で終了する。

表 2. 3 断熱材加熱分解装置仕様

灯油バーナー	着火及び焼却用
構造	外板鉄製、内壁耐火物（キャスト内張）
外寸	1520 × 1520 × 2600 (h)
内部容量	6.0%
温度検出	各部の温度を計測することにより、熱分解、燃焼状態の判別を行う。

3. 破壊実験方法

フロン類及び断熱材フロンの破壊は以下に示すそれぞれ異なった方法で行った。

3.1 特定フロン（CFC12）

(1) 実験方法

①破壊実験のための廃棄物

フロンの破壊は通常産業廃棄物の燃焼熱を利用して行うが、ブランク実験、ダイオキシン類の測定時には廃タイヤのみを燃料として破壊を行った。これは、性状の安定している廃タイヤの燃焼熱を利用し、燃焼条件を一定にするともにブランク実験とフロン破壊実験との差を明確にするためである。

②フロン注入量

この焼却炉のフロン破壊温度は図 3. 1 に示したとおりで、二次燃焼室排ガス温度は一次焼却炉の着火から 1 時間程度で 1050℃ に達し、その後 5 時間程度でおき燃焼へ移行し燃焼終了となる。本実験においてはタイヤの分解燃焼（揮発分の燃焼）が行われている期間のみフロンの注入を行った。この温度領域では燃焼排ガスが常に 850℃ 以上に維持されている。今回の実験では 2 t の廃タイヤ使用により、処理できるフロ

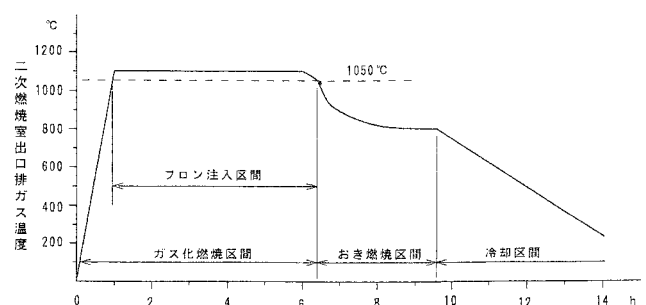


図 3. 1 二次燃焼室の排ガス温度履歴

ン重量は最大10.64kg/hであった。

③各種測定項目・分析方法及び排ガス採取場所

この実験で最も重要となる事項は、特定フロンの破壊によるダイオキシンの増加量と特定フロンの破壊率である。破壊率は注入量と排ガス中の残存量から計算によって求めた。

排ガス、温度等の測定項目、測定位置を表3. 1に示す。未破壊フロンの測定は図2. 1のG1、G2で行い、排ガス処理の前後でその影響がないことを確認しており、排ガス処理後の測定値を未破壊フロン濃度とした。また、ダイオキシン類の分析については排ガス処理後の排ガス分析を行った。

表3. 1 フロン破壊実験関連測定項目

測定位置 測定対象	二次燃焼室	排ガス処理	排ガス処理
	出口	装置入口	装置出口
	T1	T2、G1	T3、G2
排ガス温度	○	○	○
ダスト量			○
硫酸化合物			○
窒素化合物		○	○
塩化水素			○
フッ化水素			○
クロロベンゼン類			○
ハロゲン化合物			○
ダイオキシン類			○
未破壊フロン			○
ホスゲン(注1)			○

注1) 断熱材フロンの長句説燃焼破壊処理のみ測定
これらの測定項目はすべての破壊実験において同様である。

3.2 代替フロン(134a)

①破壊実験のための廃棄物

フロン破壊のための熱源はRDF1350kg、農畜産用廃ビニール500kg、その他廃プラスチック類650kg、廃木材180kgである。

②フロン注入量

フロン注入量は4.5kg/h、9.0kg/h、13.5kg/hの3条件で行った。

③各種測定項目・分析方法及び排ガス採取場所

代替フロンには塩素が含まれてはいないため、この実験ではフロンの破壊によるフッ化物の排出量とフロンの破壊率について求めた。破壊率は前項③と同様に求めた。

3.3 断熱材フロン

3.3.1 破壊処理用断熱材

実験で使用した断熱材は2カ所の事業所より回収した冷蔵庫を分解して得た。回収した冷蔵庫のメーカー、型式、製造年月日等を調査した。図3. 2にメーカー別、図3. 3に製

造年代別の回収台数を示す。直接燃焼による破壊処理では冷蔵庫の壁、外壁などプラスチック類をすべて剥がし断熱材のみの破壊処理を行い、熱分解による破壊処理では有価物、金属類を除去した状態で冷蔵庫をそのままの形で処理した。

建築用断熱材は表3. 2に示した一般建築用断熱材と一般住宅用の畳の中にある断熱材を破壊対象とした。一般にスチレンフォームと呼ばれているものである。

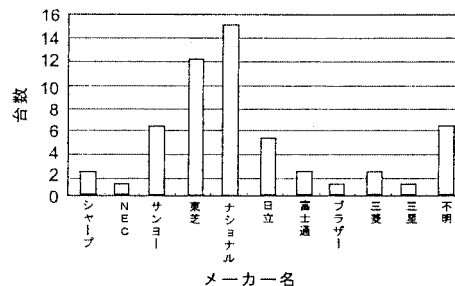


図3. 2 メーカー別冷蔵庫回収台数

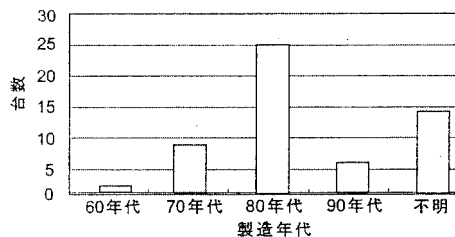


図3. 3 製造年代別冷蔵庫回収台数

表3. 2 断熱材の仕様

	建築用断熱材	畳用断熱材
使用場所	ビル(間仕切り材として使用)	一般住宅
使用年数	築20~25年	約20年
規格	JIS A 9511 B類 保温板 1種	不明
回収量	10kg	22kg

3.3.2 断熱材中のフロンの定量

断熱材フロンの破壊にあたって回収した断熱材中のフロンの定量を行った。この実験は断熱材に含まれている特定フロンの種類、含有量、最適熱分解温度、熱分解時間を特定するために行うものである。建築用断熱材及び畳用断熱材の材質はポリスチレンフォームであり、冷蔵庫用断熱材の材質は硬質ウレタンである。冷蔵庫については、メーカーによってフロンの含有量に差があるかを確認するために、メーカー別の回収台数が多い上位3社から製造年月日を統一して定量を行った。また、製造年代の違いによりフロンの含有量の経年変化を確認するため、回収台数が最も多かったメーカーについて年代ごとに含有フロン定量を行った。

断熱材中のフロンの抽出には図3. 4に示す装置を用いて行った。電気炉は予め一定の温度に加熱し、石英管内に重量

約0.1gの断熱材を挿入し、窒素を流通させながら断熱材からフロンを抽出した。断熱材から発生したフロンは流通させている窒素ガスとともにテトラバックに捕集し、ガスクロ(ECD)でフロン濃度を分析した。

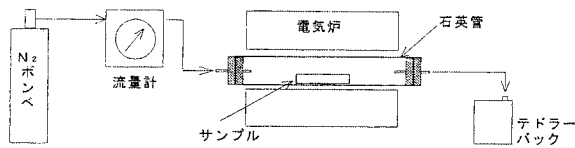


図3. 4 断熱材中のフロン定量実験装置

3.3.3 直接燃焼による破壊

冷蔵庫用断熱材、建築用断熱材中の破壊実験は、熱源として性状の安定している廃タイヤ1tを用い、断熱材フロンを処理しないblank実験、冷蔵庫用断熱材中の特定フロン破壊実験、建築用断熱材中の特定フロン破壊実験(以下B実験)の3実験を行った。冷蔵庫用断熱材は無作為に抽出して20kg、建築用断熱材は畳用断熱材と混ぜて20kgをSTB炉一次焼却炉へ直接投入した。

blank実験は断熱材フロンを破壊処理したときにどの程度ダイオキシンが発生するかを求めると行った。このためダイオキシンの発生量が安定している廃タイヤのみを熱源に用い、ベースとなるダイオキシン類の濃度を測定し残留フロン濃度を求めた。

図3. 5に示したようにSTB炉への着火は、はじめに二次燃焼室を800℃まで予熱し、800℃になってから一次燃焼炉バーナーを着火する。断熱材の投入位置は一次焼却炉の着火によって断熱材が急激に熱分解を起こさないように着火バーナーから一番遠くへ投入し、断熱材からのフロン発生速度をほぼ一定にした。

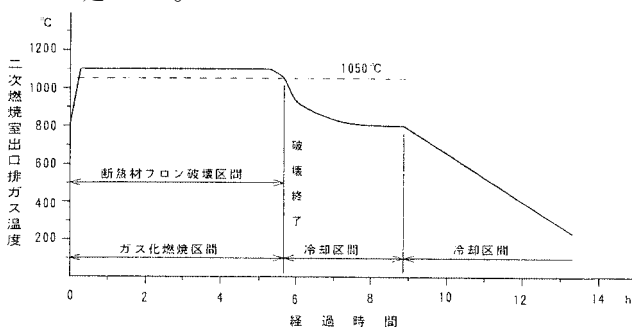


図3. 5 二次燃焼室出口温度履歴

3.3.4 熱分解装置による破壊処理

実験に用いた冷蔵庫はあらかじめ冷媒を抜いてあり、モーター、熱交換器など有価金属を取り去ったもので熱分解処理後は化粧板、ヒンジなどの鉄類がついている状態である。この実験でも前述3. 1と同様の理由から熱源としての廃タイヤ(2t)のみを利用した。

熱分解炉への着火は図3. 1にあるように二次燃焼室排ガス温度が1050℃以上の温度領域で行った。今回の実験では、1回の処理量は約80kgである。熱分解装置内の温度分布は図3. 6の通りで、着火から100分までの区間で冷蔵庫の溶融が終了しこの間に完全にフロンが放出されている。

4. 破壊実験結果と考察

4.1 特定フロン(CFC12)

破壊実験でのフロン処理量及び各種分析結果を表4. 1に示す。破壊処理は7回行い、1回目はblankテストであるためにフロンの注入を行っていない。いずれの破壊実験においても着火から30分以内で排ガス温度は1000℃に達し、スクラバ入口で800℃以上となり、スクラバ内で約80℃に急冷され、安定した燃焼が得られ環境庁の指針を満たしている。

表4. 1 フロン破壊量と排ガス分析結果

測定項目	1	2	3	4	5	6	7
フロン破壊量(kg/h)	—	10.2	10.4	6.6	6.8	5.3	9.7
未破壊フロン濃度(ppb)	—	2.2	3.7	ND	ND	ND	ND
破壊率(%)	99.99	99.99	99.99	99.99	99.99	99.99	99.99
ダスト(g/Nm)	0.16	0.19	0.11	—	—	—	—
窒素酸化物(ppm)	113	130	154	—	—	—	—
硫酸酸化物(Nm ³ /h)	0.07	0.04	0.04	—	—	—	—
塩化水素(mg/Nm)	30	42	33	—	—	—	—
フッ化物(F mg/Nm)	120	2580	1300	—	—	—	—
クロロホルム(ppb)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,1,1-トリクロロエタン(ppb)	ND	ND	0.69	1.1	2.6	1.6	ND
四塩化炭素(ppb)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
トリクロロエチレン(ppb)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
テトラクロロエチレン(ppb)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
クロロフェノール(ppb)	—	—	—	—	—	—	—
クロロベンゼン(ppb)	130	110	93	—	—	—	—
ダイオキシン(TEQ-ng/Nm)	0.14	0.015	0.016	—	—	—	—

(a)フロン破壊時の酸素濃度及び一酸化炭素濃度

STB炉の運転は酸素濃度8%で行い、その結果排ガス中の一酸化炭素濃度はいずれの実験においても20ppm以下であり環境庁の指針を満たしていた。

(b)排ガス中のハロゲン化合物及びフロンの破壊率

フロン破壊時には111トリクロロエタンが増加する傾向にあるが、きわめて濃度が低く問題ないと考えられる。この間のフロンの破壊率はいずれも99.99%以上の破壊率であった。

(c)大気汚染防止法に係わる排ガス分析結果

blank時、フロン破壊時ともに全ての測定項目について大気汚染防止法の排出基準値以下であった。

(d)クロロベンゼン類

クロロベンゼン類については二塩化物から六塩化物まで分析を行い、その全重量を示した。いずれについても低濃度であり問題ないものと考えられる。

(e)ダイオキシン類

フロンの分解によるダイオキシンの増加量は0.015～0.016 TEQ-ng/m³Nときわめて少ないのに対して、ブランクテストの方がダイオキシン生成量が多くなった。この焼却炉でタイヤのみを燃焼したとき発生するダイオキシン濃度は0～0.2TEQ-ng/m³Nの範囲でタイヤの性状によって大きく変化することがわかっている。今回の実験の場合、2回目、3回目の燃焼温度がブランクテスト時よりも高く、燃焼状態の僅かな変化がダイオキシンの生成に大きく影響したものとおもわれ変動の範囲内である。

4.2 代替フロン (134a)

代替フロン破壊実験の温度管理は特定フロン破壊実験の場合と同様である。表4. 2の結果に示したように、フロンの注入量は4.54kg/h, 8.86kg/h, 13.40kg/hの3条件で破壊実験を行った。分解率はいずれも99.999%以上であり、大気中に放出される未破壊フロン濃度はいずれも1ppb以下であった。また、フッ素化合物の排出規制値は環境基準にはないもののいずれも低く、したがって134aの分解によって生成されたフッ化物イオンは99%以上がスクラバによってフッ化物として除去された。

表 4. 2 134a 破壊実験結果

二次燃焼 室 温 度	スクラバ 入口温度	134a注入 量 kg/h	未分解134a 濃度 ppb	分解率 %	弗素化合物 mg/Nm ³
1055 °C	920 °C	4.54	0.67	99.999<	6.8
1054	920	8.86	0.31	99.999<	6.6
1042	918	13.40	0.10	99.999<	6.9

4.3 断熱材フロン

断熱材フロンの破壊実験は、環境省からの委託で“断熱材フロンの破壊指針”を策定するために進めた。

4.3.1 断熱材中のフロン含有量の定量

断熱材中のフロン含有量の定量に先立ち、断熱材フロンの抽出における最適熱分解温度、熱分解時間の決定を行った(3.3.2参照)。その結果、冷蔵庫用断熱材では最適温度が350°C、建築・畳用断熱材では190°Cとなった。いずれの断熱材においても、これらの温度でフロンの抽出量が最高となった。これは、この温度以下では断熱材が溶融せず、この温度以上では発生したフロンが分解されると推測される。また、サンプリング時間は冷蔵庫用では90分、建築・畳用断熱材では30分で充分であった。表4. 3に示すように、各断熱材に使用されていた特定フロンはCFC-11であった。冷蔵庫用断熱材は、年代が古くなるにつれてフロンの含有量が少なくなると想定していたが、年代と含有量との間には相関関係がみられなかった。これは、冷蔵庫の使用環境の違いがフロン含有量に大きく影響しているためと推定される。または、冷蔵庫

用断熱材として使用されているポリウレタンフォームは、CO₂をうまく利用して発泡していることから、年代の新しいものは副発泡材として使用していた特定フロンの使用料を少なくして、製造していたためと考えられる。建築用断熱材については、フロンの含有率は微量であった。これは20年の間に断熱材中のフロンがほぼ抜けてしまっていることが考えられる。なお、メーカーに問い合わせたところ、製造時添加している特定フロンの含有率は、20年前で断熱材1枚(約1kg)当たり約5%程度であることがわかった。

表 4. 3 断熱材中のフロン含有量

サンプル	メーカー名	製造年月日	フロン種類	含有率 (wt%)
冷蔵庫 35	ナショナル	78～80	CFC-11	6.9
冷蔵庫 44	ナショナル	80.1～6	CFC-11	3.9
冷蔵庫 47	ナショナル	91.7～12	CFC-11	3.5
冷蔵庫 52	サンヨー	79.7～12	CFC-11	6.0
冷蔵庫 36	東芝	78.1～6	CFC-11	4.0
建築用断熱材	積水化成成品工業	築年数20～25	CFC-11	0.02
畳用断熱材	不明	使用年数約20年	CFC-11	ND

4.3.2 直接燃焼による破壊

表4. 4に断熱材フロンの直接燃焼破壊処理による実験結果を示す。

(a)フロンの分解率

排ガス中の残留フロン濃度は冷蔵庫用断熱材破壊実験、建築用断熱材破壊実験ともに0.04ppbと低かった。破壊率は断熱材中のフロンの定量結果と合わせて計算を行った。フロンの破壊率は冷蔵庫用断熱材の破壊実験では99.99%以上、建築用断熱材の破壊実験では99.95%であった。建築用断熱材の破壊率が低いのは、このフロン含有率は0.02%と低く実験誤差と考えられる。

(b)大気汚染防止法に係わる排ガス分析結果

ブランク実験、フロン破壊時ともすべての測定項目について大気汚染防止法の基準値以下であった。またフッ素化合物については、ブランク実験よりフロン破壊時の方が約2倍程度多くなっているが、基準値にはなく比較的濃度であるため問題ないと思われる。

(c)その他排ガス分析結果

塩素濃度、シアン化水素濃度、ホスゲン濃度などほとんどの項目とも低濃度であった。

(d)ダイオキシン類分析結果

冷蔵庫用断熱材の場合、建築用断熱材の約2倍の値となった。これは断熱材に含まれているフロン量に起因していると考えられる。

表 4. 4 各種分析結果

測定項目	ブランク	冷蔵庫用断熱材	建築用断熱材
未破壊フロン濃度 (ppb)	—	0.04	0.04
破壊率 (%)	—	99.99以上	99.95
ダスト (g/Nm ³)	0.21	0.11	0.20
窒素酸化物 (ppm)	88	93	86
硫黄酸化物 (Nm ³ /h)	0.002未満	0.005	0.0055
塩化水素 (mg/Nm ³)	0.2	2.7	0.6
フッ素化合物 (mg/Nm ³)	6.7	0.6	12.6
クロホルム (ppb)	ND	ND	ND
1,1,1-トリクロロエタン (ppb)	1.45	1.75	1.56
四塩化炭素 (ppb)	ND	ND	ND
トリクロロエチレン (ppb)	ND	ND	ND
テトラクロロエチレン (ppb)	ND	ND	ND
塩素濃度 (mg/Nm ³)	0.3未満	0.3未満	0.3未満
シアン化水素濃度 (mg/Nm ³)	0.3未満	0.3未満	0.3未満
ホスゲン濃度 (mg/Nm ³)	0.3未満	0.3未満	0.3未満
クロロフェノール (ppb)	170	2500	400
クロロベンゼン (ppb)	1800	1300	2300
ダイオキシン (TEQ-ng/Nm ³)	0.11	0.24	0.12

4.3.3 熱分解装置による破壊

排ガス中の未破壊フロン濃度は0.011ppbと極微量で99.99%以上の破壊率を達成している。冷蔵庫破壊時のダイオキシンの測定結果を表 4. 5 に示す。冷蔵庫焼却によるダイオキシン増加量は0.12ng/Nm³であった。

表 4. 5 ダイオキシン類分析結果

等価毒性濃度	通常時	測定値	増加分
Total PCDDs+PCDFs ng/Nm ³	0.14	0.26	0.12

4.3.4 直接燃焼破壊処理と熱分解装置による破壊処理の比較

直接燃焼破壊処理方法と熱分解破壊処理方法の結果比較を表 4. 6 に示す。未破壊のフロンは直接燃焼破壊処理のほうが4倍程度高くなったが、この原因としてSTB炉の一次焼却炉温度が一因として上げられる。STB炉の場合、タイヤを熱分解するため焼却炉内の温度が400℃程度で持続する。これに対して熱分解炉を使用した場合、炉内温度は図 3. 6 に示したように600℃程度まで上昇しており熱分解炉で一度破壊されさらに二次燃焼室で再度破壊されるため未破壊フロン濃度が低くなったと考えられる。

ダイオキシンについては両者とも同じ値である。実際には熱分解処理方法では冷蔵庫を分解することなく破壊処理を行っているため、塩化ビニルが約6%程度混入していることになり直接燃焼破壊処理方法と比較してダイオキシンが発生しやすい環境にあるにもかかわらず直接燃焼法と同様の結果であった。これもまた前者同様に2段階にわたって加熱破壊しているためダイオキシンの発生が抑制されたと考えられる。以上の結果から、熱分解装置を用いて破壊処理した方が良い結果を得ることができた。

表 4. 6 比較結果

	直接燃焼方法	熱分解燃焼方法
未破壊フロン	0.04 ppb	0.011 ppb
ダイオキシン増加量	0.12 TEQ-ng/m ³	0.12 TEQ-ng/m ³

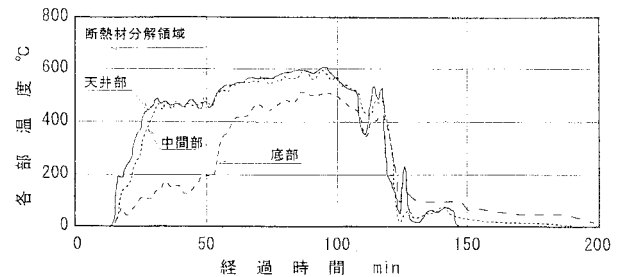


図 3. 6 断熱材熱分解装置内の温度分布

5. まとめ

これまでの実験で以下に示す知見を得た。

- (1) CFC12の破壊実験では、環境庁のガイドラインで定める破壊率のほか、排ガス及び排水中の有害物質の規制値を満たしており安全破壊できることを確認した。
- (2) 代替フロン134aの破壊実験では破壊率は99.999%以上であり、排出されるフッ素化合物濃度は7 mg/Nm³以下であり99%以上がスクラバによって除去された。
- (3) 冷蔵庫用断熱材フロンの平均含有率は4.9%であった。
- (4) 建築用断熱材フロンの平均含有率は0.02%であった。製造時には約5%であるため、約20年の経年変化によってほぼ全量抜けることがわかった。
- (5) 断熱材フロンの破壊では熱分解装置を利用して破壊した方がより安全に破壊できることがわかった。
- (6) これらの成果を基に(株)北海道エコシスではフロン類の破壊処理事業を行っている。

参考文献

- (1) 環境庁大気保全局, CFC破壊ガイドライン