

## 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

#### ① 廃自動車からのフロン類の回収・再利用・分解の社会システムに関する研究

独立行政法人国立環境研究所

化学物質環境リスク研究センター

中杉修身

循環型社会形成推進・廃棄物研究センター

大迫政浩・川畑隆常

平成11～13年度合計予算額 9,880千円

(うち、平成13年度予算額 3,691千円)

#### [要旨]

廃自動車（カーエアコン）由来のフロンの最適な回収・処理システムを設計することを目的として、平成11年度には、全国におけるフロンの長期的な廃棄量を時系列的に予測するとともに、都道府県別の面的な廃棄量分布を推定した。また、カーエアコンからのフロン類の回収・破壊状況を、文献調査及びヒアリング調査することで、現状と問題点を明らかにした。この結果、カーエアコンの冷媒に使用されているフロン類については、業界団体や解体業者などにより一部が回収されていることが明らかとなった。

また、カーエアコンに加えて、廃家電製品、業務用冷凍空調機器の廃棄により発生するフロン類の総量を経年的に把握し、この中で家電製品の廃棄により排出されるフロン類の割合を明らかにした。カーエアコンの寄与率は、フロン類の総廃棄量の15%程度を占めることから、オゾン層破壊防止及び地球温暖化防止の観点から、確実な回収・破壊システムの構築が必要である。

平成12年度には、回収したフロン類を廃棄物焼却施設において破壊することを仮定して、フロン類の総廃棄量（廃家電、業務用冷凍空調機器由来のものを含む。）と破壊可能量を比較した。その結果、既存の廃棄物焼却施設を活用することで、十分な破壊能力が得られることが明らかとなった。

平成13年度には、ライフサイクルアセスメント（LCA）の手法を用いて、フロン類の回収・破壊システムを評価した。インパクトカテゴリ別ではオゾン層の破壊及び地球温暖化に対する影響が大きい。特定フロンは、オゾン層の破壊と地球温暖化への影響が大きいことから特に確実な回収・破壊が求められ、代替フロンについても地球温暖化防止の観点から回収・破壊が必要である。工程別には大気放散による環境負荷が最も大きいことから、環境負荷を低減するためには回収率の向上が重要なポイントである。

[キーワード] 廃自動車、フロン類、廃棄量予測、都道府県別、ライフサイクルアセスメント（LCA）

#### 1. はじめに

フロン類は、冷蔵庫、ルームエアコン、カーエアコンなどの製品中に冷媒や断熱材として使用されている。フロン類の中で、オゾン層を破壊する特定フロンについては、既に製造や使用はさ

れていないが、耐久消費財に使用された特定フロンについては、確実な回収・破壊が求められている。一方、代替フロンは、オゾン層の破壊に対する影響は特定フロンに比べて小さいものの、地球温暖化への影響があることから回収・破壊の必要性が指摘されている。

## 2. 研究目的

カーエアコンの冷媒については、これまではメーカーのディーラー経由や自動車整備工場等の一部が回収されていたが、フロン回収・破壊法の中で回収が義務づけられることになる。このような状況の中で、オゾン層保護及び地球温暖化防止の観点から、フロン類の回収・破壊処理システムの整備が早急に求められている。

本研究は、カーエアコンの冷媒として使用されているフロン類の回収・破壊のための最適な社会システムを設計するために、ライフサイクルアセスメント手法を用いて想定される技術システムについて評価し、併せて技術的、経済的、社会制度的側面から見た回収・処理ルート、関係者の役割分担のあり方について検討することを目的とした。

## 3. 研究方法

### (1) フロン類の面的かつ時系列的な廃棄量予測<sup>1)~4)</sup>

年度別の自動車の生産台数、カーエアコン積載率、利用年数の状況及び代替物質の開発状況などについての統計情報及び各種の既存調査結果を収集・分析し、都道府県別のカーエアコンの排出実態と地域特性との関連性などを踏まえて、全国の面的（都道府県別）かつ時系列的なフロン類の廃棄量予測を行う。

あわせて、カーエアコンからのフロン類の回収・処理ルートの現状及び動向について、既存調査結果等を収集・整理する。

### (2) 廃棄量と破壊能力の過不足の算定

フロン類の既存施設での破壊能力を算定し、その地域分布を把握するため、既存の産業廃棄物及び一般廃棄物処理施設に関する既存資料を収集し、その所在地、処理方法、破壊能力等の項目についてデータベースを作成した。このデータベースを集計し、フロン類の廃棄量（家電製品、カーエアコン、業務用冷凍空調機器の合計）と比較することで、フロン類の廃棄量と破壊能力の過不足を算定した。

### (3) ライフサイクルアセスメントによる評価

カーエアコンから廃棄されるフロン類を解体業者等で回収し、廃棄物焼却施設で破壊することを仮定し、フロン類の回収・破壊の環境負荷をライフサイクルアセスメントにより分析した。なお、評価対象シナリオとして、特定フロンの代替についても検討するために、特定フロン及び代替物質の製造工程についてもLCAの評価範囲に含めた。

## ① インベントリ分析

インベントリ分析は、インプットとしてエネルギー消費量を、アウトプットとして大気への影響について評価する。エネルギー消費量については、フロン類の製造から破壊までに必要な、電

力、原油、LNG、蒸気等の量を算定し、エネルギー量（MJ）に換算して評価する。なお、ナフサなどフロン類の原材料として使用するものについては計算から除外する。大気への影響については、二酸化炭素、窒素酸化物、硫黄酸化物、フロン類について評価する。なお、インベントリデータについては、JEMAI-LCAソフト<sup>5)</sup>等から取得した。

## ②インパクトアセスメント

インパクトアセスメントは、インベントリ分析をもとに、①インパクトカテゴリへの割り振り  
とカテゴリインディケータの算出、②正規化、③重み付けを試みる。インパクトカテゴリとして、  
地球温暖化、オゾン層の破壊、酸性化という3つを選択し、各々、二酸化炭素、CFC-11、硫黄酸  
化物相当量として評価する。正規化については、日本における年間排出物量を規格値として用い  
る。重み付けについては、3つのインパクトカテゴリを1:1:1で重みを付けて統合化を行う。

## ③代替案

フロン類の種類ごとに回収・破壊を行う場合と行わない場合のシナリオについて評価した。代  
替案は以下に示すとおりであるが、充填工程、使用工程、製品回収工程については、各代替案共  
通のため評価は行わず、製造工程、回収工程、運搬工程、破壊工程、廃棄について評価した。

製造工程：フロン類を製造する工程

回収工程：廃製品からフロン類を回収する工程

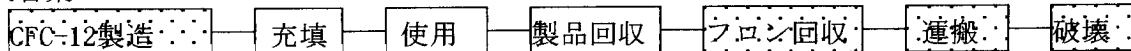
運搬工程：回収したフロン類を破壊場所まで運搬する工程

破壊工程：フロン類を破壊する工程

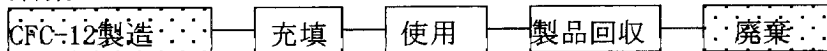
廃棄：廃製品に残存するフロン類の大気放散

（網掛け部分が評価対象）

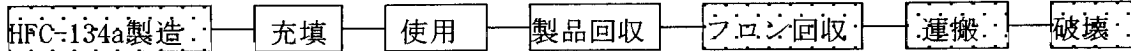
### 代替案-1



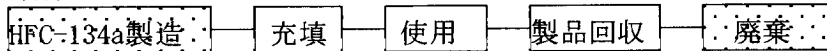
### 代替案-2



### 代替案-3



### 代替案-4



#### 4. 結果

##### (1) フロン類の面的な廃棄量予測

自動車の生産量、廃棄率、カーエアコンの搭載率の推移などより推計した、カーエアコン搭載車の廃棄予測台数及びフロン類の廃棄予測量は図4-1-1、表4-1-1に示すとおりである。また、地域別に見た廃棄予測量の例として表4-1-2にCFC-12についての結果を示す。

単位（千台/年）

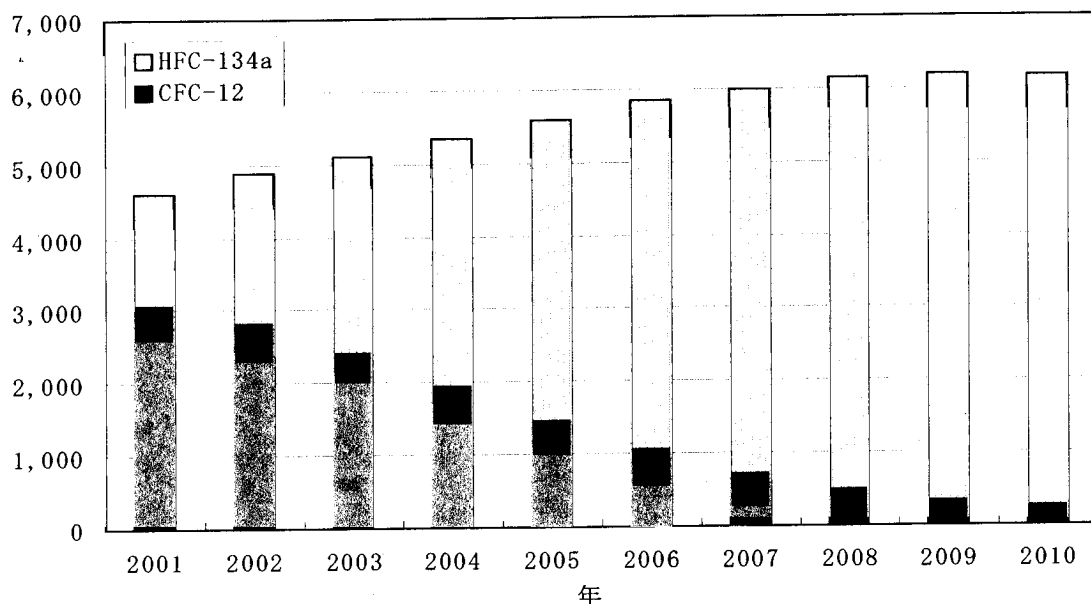


図4-1-1 冷媒種類別の廃車台数（カーエアコン搭載車）

表4-1-1 カーエアコンからのフロン類の廃棄量推計

単位（t/年）

暦年	乗用車		トラック		バス		合計		
	CFC-12	HFC-134a	CFC-12	HFC-134a	CFC-12	HFC-134a	CFC	HFC	合計
2001	1,285	574	664	409	92	10	2,041	993	3,034
2002	1,198	805	594	515	87	14	1,878	1,334	3,213
2003	1,022	1,090	507	632	80	19	1,609	1,741	3,350
2004	814	1,417	414	759	73	24	1,301	2,200	3,501
2005	597	1,754	328	875	67	29	991	2,658	3,650
2006	413	2,088	254	969	60	35	727	3,093	3,819
2007	265	2,301	194	1,048	53	40	512	3,390	3,901
2008	165	2,492	147	1,105	46	45	358	3,642	4,000
2009	100	2,566	115	1,157	39	50	254	3,773	4,027
2010	67	2,633	90	1,134	31	55	188	3,822	4,010

表4-1-2 カーエアコンのCFC-12の地域ブロック別廃棄予測量

単位 (t/年)

暦年	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国・ 四国	九州
2001	96	184	547	455	278	220	262
2002	89	169	504	418	256	202	240
2003	76	145	432	358	219	173	206
2004	62	118	349	290	177	140	167
2005	47	90	265	221	135	107	128
2006	35	67	193	162	98	78	94
2007	24	48	135	114	69	55	67
2008	17	34	93	80	48	39	47
2009	12	24	66	57	34	28	34
2010	9	18	48	42	25	21	25

(2) フロン全廃棄量中のカーエアコンの寄与

カーエアコンからのフロン類の廃棄量を推計した結果、2010年度には4,010t/年のフロン類が廃棄されると推計された。一方、電気冷蔵庫から2,643t/年、ルームエアコンからは5,323t/年、業務用冷凍空調機器からは12,499t/年のフロン類が廃棄されると推計された。

これらの廃棄フロン類の総計は24,475t/年であり、全体のフロン類の廃棄量に占めるカーエアコンの寄与率は16%である。

表4-2-1 フロン類の廃棄量に占めるカーエアコンの寄与率の推移

単位 (t/年)

年	自動車	冷蔵庫	エアコン	業務用冷凍 空調機器	合計	自動車の 寄与率
2001	3,034	3,708	3,523	9,014	19,280	16%
2002	3,213	3,706	3,800	9,580	20,299	16%
2003	3,350	3,675	3,982	9,974	20,981	16%
2004	3,501	3,659	4,218	10,460	21,837	16%
2005	3,650	3,593	4,519	11,022	22,784	16%
2006	3,819	3,482	4,791	11,575	23,667	16%
2007	3,901	3,338	4,984	11,926	24,150	16%
2008	4,000	3,126	5,089	12,182	24,396	16%
2009	4,027	2,893	5,200	12,358	24,477	16%
2010	4,010	2,643	5,323	12,499	24,475	16%

(3) 廃棄量と破壊能力の過不足の算定

①都道府県別のフロン廃棄物量予測

フロン類の廃棄量がピークを迎える2009年における、都道府県別のフロン廃棄量は表4-3-1に示すとおりである。

表4-3-1 2009年の都道府県別フロン廃棄量

単位 (t/年)

	自動車	冷蔵庫	エアコン	業務用冷凍 空調機器	合計
北海道	188	147	26	417	779
青森県	52	33	20	111	215
岩手県	51	29	22	127	229
宮城県	80	50	66	216	412
秋田県	44	25	26	109	203
山形県	48	23	32	128	232
福島県	80	42	54	208	385
茨城県	121	61	107	293	582
栃木県	81	41	77	222	420
群馬県	88	42	79	236	445
埼玉県	197	152	282	564	1,194
千葉県	173	134	260	383	951
東京都	235	329	682	1,510	2,756
神奈川県	201	205	409	668	1,483
新潟県	92	48	88	254	482
富山県	45	22	41	136	245
石川県	45	24	46	129	244
福井県	33	15	31	95	175
山梨県	37	19	25	89	170
長野県	96	45	43	240	424
岐阜県	84	41	75	235	436
静岡県	141	78	144	455	819
愛知県	250	152	312	897	1,610
三重県	73	39	80	197	389
滋賀県	48	26	54	146	274
京都府	71	61	127	265	524
大阪府	201	213	443	1,047	1,905
兵庫県	152	127	255	505	1,038
奈良県	43	31	62	99	235
和歌山県	39	24	47	86	196
鳥取県	24	13	24	55	115
島根県	28	16	30	68	143
岡山県	76	43	88	194	400
広島県	94	69	131	298	591
山口県	56	37	71	140	303
徳島県	32	18	34	73	158
香川県	39	23	46	107	215
愛媛県	52	36	65	135	288
高知県	30	20	39	61	150
福岡県	160	117	237	435	949
佐賀県	33	17	33	78	161
長崎県	47	35	71	112	265
熊本県	66	41	73	144	324
大分県	45	28	53	99	225
宮崎県	46	28	51	92	217
鹿児島県	66	45	87	131	329
沖縄県	45	28	50	71	193
全国	4,027	2,893	5,200	12,358	24,478

②都道府県別のフロン破壊能力予測

産業廃棄物焼却施設について、ごみに対するフロンの割合を0.1%、0.5%とした場合の、フロンの破壊能力を算定した結果、フロンの割合を0.1%とした場合には25,325t/年、0.5%とした場合には126,625t/年の破壊能力がある。しかし、都道府県別に見ると、産業廃棄物焼却施設の分布が大きく偏っており、フロン類の混入割合0.1%にした場合、都道府県別では、破壊能力が廃棄量を上回るのは10道県である。混入割合を0.5%にした場合には、破壊能力が廃棄量を上回るのは36道府県である。

一般廃棄物焼却施設について、都道府県別のフロン破壊能力を算定した結果、ダイオキシン類対策が進んでいる一般廃棄物焼却施設（バグフィルタ有り）でフロン類の混入割合0.1%にした場合、全体としては破壊能力が廃棄量を下回る。都道府県別では、破壊能力が廃棄量を上回るのは7都県である。フロン類の混入割合0.5%にした場合、全体としては破壊能力が廃棄量を上回るが、都道府県別では、破壊能力が廃棄量を上回るのは41都道府県である。

既存のフロン破壊処理施設を含めて整理した総括表を表4に示した。既存のフロン破壊処理施設を含めた合計では、0.1%混入割合では47,958t/年、0.5%では225,764t/年の処理容量が確保され、都道府県別では0.1%の場合で処理容量が不足するところも残るが、0.5%では47都道府県すべてで処理容量が上回り、46都道府県で廃棄量に対して150%以上の容量が確保される。

表4-3-2 フロン類廃棄量と廃棄物焼却施設等における破壊処理容量との都道府県別過不足状況

フロン類廃棄量予測 24,478t/y(2009年)	一般廃棄物焼却施設		産業廃棄物焼却施設		既存の破壊施設	全対象施設合計	
	0.1%混入	0.5%混入	0.1%混入	0.5%混入		0.1%混入	0.5%混入
全国ベース(処理容量) t/y	25,325	126,625	19,127	95,633	3,507	47,958	225,764
都道府県ベース・処理容量の過不足の状況(都道府県度数)							
50%以上超過	0	36	9	32	2	18	46
40%～50%超過	0	1	0	0	0	0	1
30%～40%超過	2	3	0	1	0	3	0
20%～30%超過	3	0	0	2	0	2	0
10%～20%超過	1	1	0	1	0	5	0
0%～10%超過	1	0	1	0	1	4	0
0%～10%不足	3	2	0	2	0	2	0
10%～20%不足	3	0	2	0	0	1	0
20%～30%不足	5	0	2	3	0	3	0
30%～40%不足	4	0	4	0	0	4	0
40%～50%不足	9	0	3	0	0	0	0
50%以上不足	16	4	26	6	44	5	0

#### (4) 工程別インベントリ分析

カーエアコンに関する製品1台当たりの工程別のインベントリデータは、表4-4-1に示すとおりである。インベントリデータを算定するに際しての主な仮定は次に示すとおりである。

##### ①製造工程

既存データベースより、製造1台当たりに使用するフロン類を製造するためのインベントリデータを収集した。インベントリデータの収集できなかった物質については、類似物質のインベントリデータを参考にすることによりインベントリデータを算定した。

##### ②回収工程

回収率を60%と仮定して、回収装置を製造するためのイニシャルと、回収装置を運転するためのランニングに分けて算定した。

##### ③運搬工程

20kgボンベに回収したフロン類を、2トン車で往復100kmを輸送すると仮定して、年量（軽油）の消費量と排気ガスについて算定した。

##### ④破壊工程

廃棄物焼却施設に注入して破壊した場合を仮定した。廃棄物焼却施設を稼働するための電力と、フッ素や塩素分を除去するための水酸化ナトリウムを製造するためのインベントリデータについて算定した。

##### ⑤大気放散

フロン類を回収・破壊しない場合には、フロン類はすべて大気に放散されるとして算定した。

フロン類を回収・破壊した場合には、回収及び破壊（破壊率は99.5%と仮定）できなかったフロン類とフロン類の破壊によりフロン類に含まれる炭素分に由来する二酸化炭素が排出されるとして算定した。



表4-4-1 カーエアコン1台当たりの工程別インベントリデータ

工程	製品種別・プロセス種別										エネルギー					大気への環境負荷				
	電力 kwh	蒸気 kg	原油 kg	LNG kg	軽油 kg	エネルギー 換算 MJ	二酸化炭素 kg-CO <sub>2</sub>	窒素酸化物 kg	硫黄酸化物 kg	HFC-12	HFC-134a									
製造工程	乗用車・トラック・CFC-12	1.06382	0.52595	0.13785	0.05790		21.09398	1.33350	0.00210	0.00173										
	乗用車・トラック・HFC-134a	1.01579	1.40423	0.12263	0.13919		27.27735	1.47998	0.00233	0.00143										
	バス・CFC-12	7.80132	3.85694	1.01090	0.42462		154.68915	9.77900	0.01540	0.01265										
	バス・HFC-134a	7.44911	10.29767	0.89925	1.02071		200.03393	10.85315	0.01705	0.01045										
回収工程	共通	0.08025					0.75476	0.03471	0.00002	0.00003										
運搬工程	乗用車・トラック						0.00394	0.01227	0.00002	0.00004										
	バス						0.02904	0.09044	0.00011	0.00028										
破壊工程	乗用車・トラック	1.15398					10.86889	0.53242	0.00044	0.00092										
	バス	8.45169					79.60347	3.89941	0.00322	0.00673										
大気放散	乗用車・トラック・CFC-12							0.13869			0.25692									
	乗用車・トラック・HFC-134a							0.32878			0.25692									
	バス・CFC-12							1.01574			1.88403									
	バス・HFC-134a							2.4079			1.88403									

(5) インベントリ分析 (代替案の評価)

工程別の製品1台あたりのインベントリデータを足し合わせて、代替案のインベントリ評価を行う。フロン類の回収・破壊を行う代替案は、製造、回収、運搬、破壊、大気放散の工程のインベントリ結果を、フロン類を回収・破壊しない代替案は、製造、大気放散のインベントリ結果を足し合わせて算定する。評価結果は表4-5-1に示すとおりである。

表4-5-1 代替案-1のインベントリ結果

		エネルギー 量 M J	二酸化炭素 kg	窒素酸化物 kg	硫黄酸化物 kg	CFC-12 kg
代替案 1	製造	21.09398	1.33350	0.00210	0.00173	
	回収	0.75476	0.03471	0.00002	0.00003	
	運搬	0.18276	0.01227	0.00002	0.00004	
	破壊	10.86889	0.53242	0.00044	0.00092	
	大気放散 (回収工程)					0.25500
	大気放散 (破壊工程)		0.13869			0.00192
	合計	32.90039	2.06159	0.00258	0.00271	0.25692
代替案 2	製造	21.09398	1.33350	0.00210	0.00173	
	大気放散					0.63800
	合計	21.09398	1.33350	0.00210	0.00173	0.63800
代替案 3	製造	27.27735	1.47998	0.00233	0.00143	
	回収	0.75476	0.03471	0.00002	0.00003	
	運搬	0.18276	0.01227	0.00002	0.00004	
	破壊	10.86889	0.53242	0.00044	0.00092	
	大気放散 (回収工程)					0.25500
	大気放散 (破壊工程)		0.32878			0.00192
	合計	39.08377	2.38816	0.00280	0.00241	0.25692
代替案 4	製造	27.27735	1.47998	0.00233	0.00143	
	大気放散					0.63800
	合計	27.27735	1.47998	0.00233	0.00143	0.63800

(6) インパクトアセスメント (廃自動車1台あたりのフロン類に対する代替案の評価)

地球温暖化については二酸化炭素量に、オゾン層の破壊についてはCFC-11量に、酸性雨については硫黄酸化物量に換算し、代替案をインパクトカテゴリ別に評価し、これを日本における年間排出物量(規格値)で除して足し合わせることで、統合化をした結果は表4-6-1に示すとおりである。

表4-6-1 カーエアコン1台の冷媒の代替案に関するインパクトアセスメント結果

	インパクトカテゴリ別の評価								
	地球温暖化 (kg-CO <sub>2</sub> )				オゾン層破壊 (kg-CFC-12)		酸性雨 (kg-SO <sub>x</sub> )		
	二酸化炭素	CFC-12	HFC-134a	合計	CFC-12	合計	窒素酸化物	硫黄酸化物	合計
代替案-1	2.05	2,183.78	0.00	2,185.83	0.25692	0.25692	0.00180	0.00271	0.00452
代替案-2	1.33	5,423.00	0.00	5,424.33	0.63800	0.63800	0.00147	0.00173	0.00320
代替案-3	2.39	0.00	333.99	336.38	0.00000	0.00000	0.00196	0.00241	0.00437
代替案-4	1.48	0.00	829.40	830.88	0.00000	0.00000	0.00163	0.00143	0.00305

	正規化			統合化
	地球温暖化	オゾン層破壊	酸性雨	
規格値	1.36E+12	1.86E+06	2.24E+09	
代替案-1	1.61E-09	1.38E-07	2.04E-12	1.40E-07
代替案-2	3.99E-09	3.43E-07	1.45E-12	3.47E-07
代替案-3	2.47E-10	0.00E+00	1.98E-12	2.49E-10
代替案-4	6.11E-10	0.00E+00	1.38E-12	6.12E-10

(7) インパクトアセスメント (日本全体での推計)

製品の廃棄量予測と、代替案のインベントリ結果を掛け合わせることで、フロン類を回収・破壊した場合と回収・破壊しない場合の、我が国全体の経年的なインベントリデータを算定する。これを、地球温暖化は二酸化炭素量に、オゾン層の破壊はCFC-11の量に換算して比較する。

日本全体のカーエアコン・冷媒フロン類に関する地球温暖化およびオゾン層破壊に対する影響に寄与する排出量は、図4-7-1に示すとおりである。

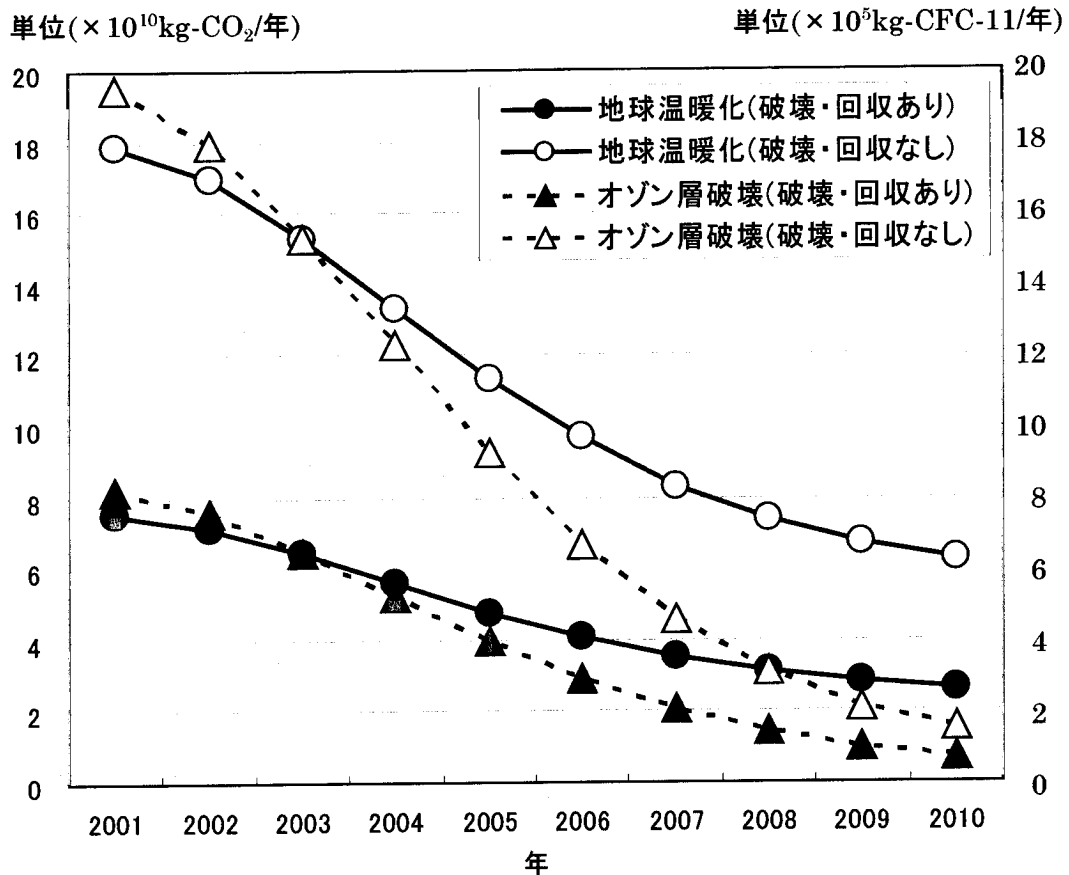


図4-7-1 日本全体のカーエアコン・冷媒フロン類の地球温暖化への影響

## 5. 考察・本研究により得られた成果

### ①早急な回収・破壊体制の構築

フロン類の総廃棄量に占めるカーエアコンの寄与率は16%と推定されることから、オゾン層破壊防止及び地球温暖化防止の観点から、カーエアコンからのフロン類の確実な回収破壊システムの構築が望まれる。フロン類を回収・破壊した場合の環境負荷は、2001年が最も大きく、年を経るごとに小さくなっていくという結果となった。オゾン層破壊に対する影響は、2001年に比べて2010年には1/10以下となることから、早急な回収・破壊体制の構築が求められている。

### ②破壊施設としての焼却施設の活用

面的な廃棄量予測の結果を踏まえて、適正な回収・破壊施設の配置など面的な最適システムの構築が必要であり、既存の産業廃棄物および一般廃棄物処理施設の活用をベースとしたシステム整備が効率的である。すなわち、フロン類の総廃棄量と破壊能力を比較したところ、ごみ量に対するフロン類の混入割合を0.5%にした場合には、産業廃棄物焼却施設、一般廃棄物焼却施設（バグフィルタ有り）のいずれの場合にも、全地域で十分な破壊能力が確保できる結果となった。既存のフロン破壊施設（プラズマ方式、セメントキルンなど）の存在や、廃棄量すべてを回収できるわけではないことなど考慮すると、焼却施設を活用することによって地域別に十分な破壊能力が確保できるものと考えられる。焼却施設で破壊する場合には、フロン注入口など少量の設備投資で対応が可能なことから、コストをかけずに破壊能力を確保できるものと考えられる。

### ③設備基準の明確化

一般廃棄物焼却施設についてはバグフィルタ有りの施設を対象として算定したが、産業廃棄物焼却施設については、施設仕様を特定するデータが入手できなかったため、すべての産業廃棄物焼却施設を利用すると仮定している。この中には、ダイオキシン対策が不十分な施設も含まれていると考えられる。そのため、フロン類の破壊施設として焼却施設を活用する場合には、公害防止設備などの施設基準を設定する必要がある。

一般廃棄物焼却施設を活用する場合には、周辺地域の住民への説明や住民の理解が不可欠である。

### ④インパクトカテゴリ間の比較

各代替案のインベントリデータのうち、地球温暖化に影響するものは二酸化炭素排出量に換算した。これを、我が国の温暖化ガスの総排出量（二酸化炭素量換算値）で除すことで、我が国に占める影響の大きさを算定した。オゾン層の破壊に影響するものはCFC-11の排出量に、酸性雨に影響するものは硫酸化物の排出量に換算し、同様の計算を行った。

今回評価した3つのインパクトカテゴリ間の比較では、オゾン層破壊物質（CFC、HCFC）がある代替案ではオゾン層の破壊による影響が最も大きく、これに比べて地球温暖化は $10^{-2}$ 、酸性雨は $10^{-5}$ 程度小さくなるという結果となった。

### ⑤工程別の比較

本研究では、製造工程、回収工程、運搬工程、破壊工程の4つの工程と大気放散に分けて評価を試みた。オゾン層の破壊に影響を及ぼす工程はオゾン層破壊物質を大気放散する場合のみである。地球温暖化に対する影響が大きい工程は大気放散であり、他の工程より $10^2\sim 10^3$ も影響が大きいことが明らかとなった。

フロン類の回収・破壊による環境負荷を低減させるためには、フロン類の回収率を向上させ、大気への放散量を減らすことが重要である。

### ⑥回収技術の向上

「フロン回収の手引き」<sup>6)</sup>による目標回収量から、カーエアコンのフロン類の目標回収量は400g/台以上とされており、本研究による残存量から考慮すると回収率は約60%である。一方で、破壊工程では、一般廃棄物焼却炉は約99.5%が破壊されるというデータがあり、熔融施設などではより高い破壊率が報告<sup>7)</sup>されている。

代替案-1では、乗用車・トラックの場合、回収工程での大気放散が0.255kg、破壊工程での大気放散が0.00192kgと、破壊工程に比べて回収工程からは100倍以上のフロン類が排出されていることになる。

破壊技術については、一般廃棄物焼却施設でも十分な破壊能力を持っていることから、フロン類の回収・破壊を確実に進めていくためには、回収技術の開発が不可欠である。

家電製品については、家電リサイクル施設で集中的に回収しているが、平成14年度に施行が予定されているカーエアコンについては、回収場所が分散する見込みであることから、それぞれの状況に応じた適切な技術開発が求められる。

### ⑦特定フロンの確実な回収・破壊

地球温暖化に対する影響は、特定フロンを回収・破壊しない場合には5,423kg-CO<sub>2</sub>、特定フロンを回収・破壊した場合には2,184kg-CO<sub>2</sub>、代替フロンを回収・破壊しない場合には829kg-CO<sub>2</sub>、代替フロンを回収・破壊した場合には334kg-CO<sub>2</sub>である。すなわち、特定フロンを回収・破壊した場合には回収・破壊しない場合に比べて3,239kg-CO<sub>2</sub>削減効果があるが、代替フロンを回収・破壊した場合には回収・破壊しない場合に比べて削減効果は495kg-CO<sub>2</sub>である。

本研究では、回収工程におけるフロン類の回収率を60%と仮定しているが、回収率を70%に10%高めれば、特定フロンの場合には概算で $5,423\text{kg-CO}_2 \times 10\% = 542\text{kg-CO}_2$ と、代替フロンのフロン回収による削減効果(495kg-CO<sub>2</sub>)を超える削減効果が期待できる。フロン類の回収率は、回収機器の運転時間に比例して向上することから、特定フロンの回収・破壊を確実に進めるためには、特定フロンについては回収時間を長くして回収率を上げることも、全体の環境負荷を低減する効果があると考えられる。

### ⑧代替フロンの回収・破壊

代替フロンについては、地球温暖化及びオゾン層の破壊の観点からみると、フロン類を回収・破壊した場合の方が回収・破壊しない場合に比べて、環境負荷が低減されることが明らかとなった。代替フロンについては、特定フロンに比べて影響が小さいものの、回収・破壊することによ

り環境負荷を低減することができる。

#### ⑨回収・破壊システムの構築

カーエアコンについては、冷蔵庫の冷媒フロンに比べて、地球温暖化で約3倍、オゾン層の破壊で約2.5倍の環境負荷が生じる。カーエアコンからのフロン類の回収は、フロン回収・破壊法で義務づけられることになる。フロン類の回収主体は、自動車解体業者やディーラーなど小規模に分散することが予想されたため、処理台数と回収量に関する申告制度や回収に対する経済的なインセンティブなど、確実な回収・破壊のためのシステムの構築が求められる。

#### ⑩使用時の漏洩防止

カーエアコンについては、使用時の冷媒の漏れが指摘されている。本調査では、使用時についての評価はしていないが、工程別にみると大気放散による影響が大きいことから、使用時の漏れについても影響が大きいことが予想される。そのため、製造メーカーにはカーエアコンの設計・製造時に漏れのない構造にすること、使用者には冷媒が漏れないような機器の取り扱いが求められる。

## 6. 引用文献

- 1) (社)日本自動車工業会：「自動車統計年報1999」1999年7月
- 2) (財)自動車検査登録協力会：「平成11年度わが国の自動車保有動向」
- 3) (社)日本自動車工業会：「1999日本の自動車工業会」1999年5月
- 4) (社)日本冷凍空調工業会：「冷凍空調機器データブック」2000年2月
- 5) (社)産業環境管理協会「JEMAI-LCAの設定と解説」
- 6) 環境省：「フロン回収の手引き」2000年7月
- 7) 株式会社三菱総合研究所：「平成8年度フロン破壊モデル事業評価調査報告書」1997年3月

#### [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 (学術誌・書籍)

なし

##### (2) 口頭発表

- ① 栗原和夫、杉山涼子、大迫政浩、中杉修身、田中 勝：第11回廃棄物学会 (2000)  
「廃家電製品及び廃自動車からのフロン類の経年的及び面的な廃棄量予測」
- ② 栗原和夫、大迫政浩、杉山涼子、中杉修身：第13回廃棄物学会 (2002) (予定)  
「廃家電製品及び廃自動車からのフロン類の回収・破壊に関するLCA評価」

##### (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



[巻末資料]

表－1 冷媒種類別・車種別の廃車台数（カーエアコン搭載車）（図4-1-1資料）

単位（台/年）

暦年	乗用車		トラック		バス		合計	
	CFC-12	HFC-134a	CFC-12	HFC-134a	CFC-12	HFC-134a	CFC-12	HFC-134a
2001	2,016,231	899,701	1,041,247	641,547	19,725	2,218	3,077,204	1,543,466
2002	1,879,482	1,262,902	931,255	807,467	18,526	3,087	2,829,263	2,073,455
2003	1,602,445	1,709,977	795,076	991,725	17,134	4,064	2,414,655	2,705,766
2004	1,276,583	2,222,634	649,166	1,190,481	15,683	5,129	1,941,432	3,418,244
2005	936,556	2,751,842	513,994	1,371,933	14,235	6,298	1,464,785	4,130,074
2006	647,144	3,276,060	399,069	1,520,419	12,820	7,438	1,059,032	4,803,917
2007	414,941	3,609,850	304,891	1,644,705	11,310	8,511	731,143	5,263,065
2008	259,288	3,908,303	230,848	1,733,611	9,801	9,624	499,937	5,651,538
2009	157,291	4,024,669	180,708	1,815,270	8,273	10,618	346,272	5,850,557
2010	105,146	4,130,850	141,397	1,778,265	6,625	11,699	253,168	5,920,813

表－2 日本全体のカーエアコン・冷媒フロン類に関するインパクト結果（図4-7-1資料）

	①回収破壊する場合		②回収破壊しない場合		①÷②	
	地球温暖化	オゾン層破壊	地球温暖化	オゾン層破壊	地球温暖化	オゾン層破壊
	kg-CO <sub>2</sub>	kg-CFC-11	kg-CO <sub>2</sub>	kg-CFC-11	kg-CO <sub>2</sub>	kg-CFC-11
2001	7.52E+09	8.23E+05	1.79E+10	1.95E+06	0.421	0.422
2002	7.14E+09	7.57E+05	1.70E+10	1.79E+06	0.421	0.422
2003	6.43E+09	6.48E+05	1.53E+10	1.53E+06	0.421	0.424
2004	5.62E+09	5.24E+05	1.33E+10	1.23E+06	0.422	0.427
2005	4.80E+09	3.99E+05	1.13E+10	9.25E+05	0.424	0.432
2006	4.12E+09	2.93E+05	9.71E+09	6.67E+05	0.425	0.439
2007	3.54E+09	2.06E+05	8.32E+09	4.59E+05	0.426	0.449
2008	3.15E+09	1.44E+05	7.41E+09	3.13E+05	0.425	0.462
2009	2.86E+09	1.02E+05	6.75E+09	2.16E+05	0.424	0.475
2010	2.66E+09	7.58E+04	6.32E+09	1.57E+05	0.421	0.482
累積	4.79E+10	3.97E+06	1.13E+11	9.24E+06	0.423	0.430