

研究論文

# 温暖化抑制対策としてのフルオロカーボン類の回収の評価

Evaluation of Recovering of Fluorocarbons as Measures for the Abatement of Global Warming

花岡 達也\*・石谷 久\*\*

Tatsuya Hanaoka Hisashi Ishitani

松橋 隆治\*\*\*\*・吉田 好邦\*\*\*

Ryuji Matsuhashi Yoshikuni Yoshida

(原稿受付日1999年11月8日, 受理日2000年10月4日)

**Abstract**

The production of CFC, which destroys an ozone layer, was abolished by the end of 1995 in the advanced countries. However, the equipment that contains CFC is still in operation. Thus, recovering CFC from the equipment becomes a significant issue for the protection of the ozone layer.

On the other hand, global warming potential of CFC per kg is about 4000 to 12000 times as large as CO<sub>2</sub>. Moreover, with regard to HCFC and HFC which are alternatives to CFC, global warming potential is about 500 to 3000 times as large as CO<sub>2</sub>. Thus, recovering fluorocarbons become important measures for the abatement of global warming.

In this paper, authors estimated the fluorocarbons emissions in the future, and it was found that fluorocarbons emissions from the equipment in focus will reach approximately 3 to 7% of CO<sub>2</sub> emissions in 1990.

1. はじめに

1974年にCalifornia大学のMolinaらによりchloro-fluorocarbon (以下CFCと略記) によるオゾン層の破壊が初めて指摘<sup>1)</sup>され, それ以降, 国際的な協力により先進国においてCFCの生産は1995年末までに全廃された。しかし, 既設のCFC使用機器は現在もなお稼働しているため, これらの機器中に充填されたCFCを回収し, 適正な処理をおこなうことが, オゾン層保護のための重要な課題となる。

一方, CFCは1kg当りの温暖化効果がCO<sub>2</sub>よりも約4000~12000倍とはるかに大きい<sup>2)3)</sup>。また, hydrochloro-fluorocarbon (以下HCFCと略記) やオゾン層を破壊しないhydro fluorocarbon (以下HFCと略記) などの代替物質も, 温暖化効果がCO<sub>2</sub>より約500~3000倍である。したがって, フルオロカーボン類の回収は温暖化抑制のためにも重要な対策となる。

そこで, 本研究ではフルオロカーボン類の将来の廃棄量を予測し, その廃棄による温暖化への影響を分析する。また, それらの回収, 運搬および破壊処理によるCO<sub>2</sub>排出量を考慮して, 回収・処理による温暖化抑制対策としての効

果を検討する。

2. 評価対象機器の設定とその分析方法

2.1 評価対象機器の設定

フルオロカーボン類は冷媒用・断熱材用・発泡剤用・洗浄用およびエアゾール用など様々な用途に使用されている。そこで, 1985年から1998年までの時系列データ<sup>25)26)27)</sup>をみると, 1991年頃までは冷媒, エアゾール, 発泡剤(断熱材を含む), 洗浄剤の出荷量の比率はおよそ20:5:25:50であったが, CFCの代替対策が進められると同時に洗浄剤の用途が急速に減少したため, 現在の出荷比率はおよそ60:5:25:10と冷媒用の比率が大きく拡大している。そこで本研究では, 冷媒用に使用している機器に限定し, 表1のものを評価対象とする。

表1 評価対象の機器の設定

評価対象	分類	詳細
冷蔵庫	冷蔵庫	家庭用冷蔵庫
エアコン	カーエアコン	乗用車, トラック, バス
	ルームエアコン	小型ルームエアコン 中・大型ルームエアコン パッケージエアコン
業務用 冷凍空調 機器	大型冷凍空調機器類	遠心式冷凍機 チリングユニット
	コンデンシングユニット類	輸送用冷凍冷蔵ユニット コンデンシングユニット 冷凍冷蔵ユニット
	一体型ショーケース類	内蔵型冷凍冷蔵ショーケース 別置型冷凍冷蔵ショーケース 業務用冷凍庫, 製氷機, 冷水機
販売機	自動販売機	飲料用自動販売機
その他	除湿機	除湿機

(1999年6月9~10日 第18回研究発表会にて発表)

\* 東京大学大学院工学系研究科地球システム工学専攻修士2年

\*\* 〃 〃 〃 教授

\*\*\* 〃 〃 〃 助手

\*\*\*\* 〃 〃 〃 新領域創成科学研究科環境学専攻助教

〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1

ただし、これら対象機器中の冷媒は冷媒用全体の一部分であり、1985年から1998年までの冷媒用総出荷量の30～50%に相当する。その他にも、航空機および列車用空調機、船舶用冷凍機、その他特殊大型施設の冷凍冷蔵機器および空調機器などに使用されているが、出荷台数や冷媒充填量などのデータの入手が困難なため、ここでの検討の対象外とする。

また、京都議定書において、フルオロカーボン類のうちperfluorocarbon (PFC) も温室効果ガスとして削減対象物質に指定されたが、本研究では冷媒を分析の対象としているため、ここでの検討の対象外とする。

2.2 分析方法

2.2.1 新規出荷台数の予測方法

各機器の出荷台数が国内総生産の影響を受けると考え、(1)式に既存のデータを与えて回帰分析をおこなうことで、新規出荷台数を予測する。

$$\frac{X_t}{X_0} = A \left( \frac{GDP_t}{GDP_0} \right)^\alpha \dots\dots\dots (1)$$

A; 定数      α; 所得弾性値

X<sub>0</sub>, GDP<sub>0</sub>; 分析初年度のデータ

ただし、対象機器が他の機器に代替されるなど、GDP以外の影響を受ける場合は、(2)式を用いる。ここで、Yは対象機器に影響を与える機器の出荷量を表す。

$$\frac{X_t}{X_0} = A \left( \frac{GDP_t}{GDP_0} \right)^\alpha \left( \frac{Y_t}{Y_0} \right)^\beta \dots\dots\dots (2)$$

2.2.2 廃棄量の予測方法

各機器の残存率が、寿命分布としてよく用いられるワイブル分布<sup>1)</sup>に従うものとする、γ年に出荷された寿命T年の機器のτ年における残存率は、(3)式で表せる。ただし、mはワイブルのパラメータとする。

$$R(\tau - \gamma) = \exp[-L(m)\left(\frac{\tau - \gamma}{T}\right)^m] \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{ただし、 } L(m) = \left\{ \Gamma\left(1 + \frac{1}{m}\right) \right\}^m \dots\dots\dots (4)$$

ここで、ある機器についてγ年の出荷量をS<sub>γ</sub>とすると、τ年度における総廃棄量W<sub>τ</sub>は、τ年以前に出荷された機器のτ年時点での廃棄量の総和となる。ただし、t<sub>0</sub>を分析初年度とする。

$$W_\tau = \sum_{\gamma=t_0}^{\tau} \{S_\gamma \times \{R(\tau - \gamma) - R(\tau + 1 - \gamma)\}\} \dots (5)$$

したがって、(5)式に各機器の冷媒充填量を掛け合わせることで、各機器からの冷媒の廃棄量が求まる。

3. 分析に関する仮定の設定

3.1 評価対象機器の基礎データの設定<sup>5) 6) 7) 20)</sup>

各機器の平均寿命、冷媒充填量、初期冷媒、代替冷媒およびその移行比率を表2および表3に示す。ただし、下記の条件のもとに設定した。

- ・冷媒充填量は同一製品でも能力や容量により異なるが、各業界によって算出された代表的な値を用いる。
- ・カーエアコン、ルームエアコン、家庭用冷蔵庫および自動販売機の平均寿命は、現在までの出荷台数からワイブル関数を用いて保有台数を推計し、その推計値が保有台数の実データと最適に合うように、最小二乗法を用いて平均寿命の値を決定する。その他の機器については、保有台数の実データの入手が困難なため、平均寿命は文献<sup>3)</sup>を参考に設定する。
- ・初期冷媒から代替冷媒への移行比率は文献<sup>5)</sup>を参考に仮定する。ただし、HCFCは先進国において2020年までに全廃予定であるため、モントリオール議定書の削減計画

表2 初期冷媒がCFCの機器に関する仮定

対象機器	寿命 [年]	充填量 [kg]	初期冷媒	代替冷媒	代替への移行比率 (初期:代替)			
					1992	1993	1994	1995
家庭用冷蔵庫(冷媒)	13.3	0.15	CFC-12	HFC-134a	10.0	7.3	5.5	2.8
家庭用冷蔵庫(断熱材)	13.3	0.6	CFC-11	HCFC-141b	10.0	7.3	5.5	2.8
乗用車用エアコン	11.9	0.75	CFC-12	HFC-134a	9.1	6.4	2.8	0.10
トラック用エアコン	8.5	0.75	CFC-12	HFC-134a	9.1	6.4	2.8	0.10
バス用エアコン	12.4	4.2	CFC-12	HFC-134a	9.1	6.4	2.8	0.10
遠心式冷凍機	25	420	CFC-11	HCFC-123	10.0	8.2	7.3	0.10
輸送用冷凍ユニット	6	3	R-502	HCFC-22	8.2	7.3	5.5	3.7
輸送用冷蔵ユニット	7	2.7	CFC-12	HFC-134a	8.2	7.3	6.4	3.7
半密閉型コンデンシングユニット	10	32	R-502	HCFC-22	10.0	4.6	0.10	0.10
密閉型コンデンシングユニット	10	2.2	CFC-12	HCFC-22	10.0	5.5	3.7	2.8
冷凍冷蔵ユニット (冷凍用)	10	2	R-502	HCFC-22	10.0	10.0	3.7	0.10
冷凍冷蔵ユニット (冷蔵用)	10	2	CFC-12	HCFC-22	10.0	10.0	3.7	1.9
内蔵型冷凍ショーケース	10	1.7	R-502	HCFC-22	10.0	3.7	2.8	1.9
内蔵型冷蔵ショーケース	10	0.45	CFC-12	HCFC-22	10.0	7.3	5.5	3.7
別置型冷凍ショーケース	10	14.4	R-502	HCFC-22	10.0	3.7	2.8	1.9
業務用冷蔵庫	10	0.4	CFC-12	HFC-134a	10.0	10.0	8.2	5.5
製氷機	8	0.3	CFC-12	HCFC-22	10.0	8.2	5.5	0.10
冷水機	10	0.1	CFC-12	HFC-134a	10.0	7.3	5.5	2.8
自動販売機	7.5	0.3	CFC-12	HCFC-22	10.0	7.3	5.5	2.8
除湿機	8	0.1	CFC-12	HFC-134a	10.0	7.3	5.5	2.8

注1) 家庭用冷蔵庫は冷媒だけでなく、断熱材も評価対象に含める。

表3 初期冷媒がHCFCの機器に関する仮定

対象機器	寿命 [年]	充填量 [kg]	初期冷媒	代替冷媒	代替への移行比率
小型ルームエアコン	13.2	0.7	HCFC-22	R410A	2000年以降、年間10%ずつ 代替冷媒へ移行する
中・大型ルームエアコン	12	0.83	HCFC-22	R410A	
パッケージエアコン	10	5.4	HCFC-22	R410A	
チリングユニット	15	30	HCFC-22	HFC系	
別置型冷凍ショーケース	10	7	HCFC-22	HFC系	

注)「HFC系」とは、「HFC-134a」と仮定する。

に間に合うように、2000年以降、年間10%ずつ代替冷媒へ移行すると仮定する。

ところで、将来的には新規冷媒にHFC系混合冷媒や非フロン系冷媒が利用される可能性があるが、新規冷媒の候補は未定なため、現在の冷媒が使用され続けると仮定して分析をおこなう。

3.2 環境負荷データ<sup>2)</sup>

フルオロカーボン類の環境負荷データを表4に示す。本研究では、地球温暖化係数(Global Warming Potential; 以下GWPと略記)は100年値を使用し、また、オゾン層破壊係数(Ozone Depletion Potential; 以下ODPと略記)を用いて、オゾン層破壊への影響量を計算する。

表4 フルオロカーボン類の環境負荷データ

種類	地球温暖化係数(GWP)			オゾン破壊係数(ODP)
	20years	100years	500years	
CFC-11	5000	4000	1400	1
CFC-12	7900	8500	4200	1
R-502	5300	5600	6900	0.344
HCFC-22	4300	1700	520	0.055
HCFC-141b	1800	630	200	0.11
HCFC-123	300	93	29	0.02
HFC-134a	3400	1300	420	0
R-410A	3400	1700	560	0

3.3 回帰分析における条件の設定<sup>8) 9) 10) 11) 12) 13) 14) 24)</sup>

各機器の新規出荷台数を回帰分析により予測する際、次の仮定のもとで分析をおこなう。

- a. 乗用車、トラック、バスは、新車登録台数と新規出荷台数を同様とし、新車登録台数を用いる。また、エアコン搭載率を100%と仮定する。
- b. トラックおよびバスは、1991年頃から保有台数が一定する傾向にあるため、過去5年間の平均値をとり、その値を保つように新規出荷台数を求める。
- c. 遠心式冷凍機およびチリングユニットは、フルオロカーボン類を使用しない吸収式冷凍機の増加に伴ない出荷台数が減少するため、吸収式冷凍機の出荷台数を説明変数に加える。
- d. パッケージエアコンは、設置の自由度が大きいが、メンテナンスの不便さやビル空調設備の一体化により出荷台数が1990年以降減少するため、吸収式冷凍機の出荷台数を説明変数に加える。
- e. コンデンシングユニットは、冷凍冷蔵ユニットや別置型冷凍冷蔵ショーケースなどと同時に使用される。そこで、回帰分析で高い相関が得られた冷凍冷蔵ユニッ

トの出荷台数を説明変数に加える。

- f. 内蔵型冷凍冷蔵ショーケースは、別置型へと代替され、出荷台数が1990年以降急減するため、別置型の出荷台数を説明変数に加える。
- g. 冷水機は、出荷台数が1990年以降急減する。これは清涼飲料水の出荷量の増加が要因と考えられ、ミネラルウォーターの出荷量を説明変数に加える。

ところで、輸送用冷凍冷蔵ユニット、コンデンシングユニット、冷凍冷蔵ユニット、内蔵型および別置型冷凍冷蔵ショーケースは、冷凍用と冷蔵用で使用冷媒および充填量が異なる。そこで、その出荷比率を表5のように仮定し<sup>5)8)9)</sup>、用途別の出荷台数を求める。

表5 冷凍冷蔵用機器の用途別出荷比率

対象機器	出荷台数比率[%]
輸送用冷凍冷蔵ユニット	冷凍用 : 冷蔵用 = 40 : 60
コンデンシングユニット	半密閉型 : 密閉型 = 30 : 70
冷凍冷蔵ユニット	冷凍用 : 冷蔵用 = 20 : 80
内蔵型冷凍冷蔵ショーケース	冷凍用 : 冷蔵用 = 35 : 65
別置型冷凍冷蔵ショーケース	冷凍用 : 冷蔵用 = 10 : 90

3.4 短期・中期の経済成長率の設定

短期・中期の経済成長率を表6のように仮定し<sup>16) 17)</sup>、また、長期経済成長率の予測は困難であるため、2004年以降は基準ケースとして2%とする。

表6 経済成長率の設定

年度	1999	2000	2001	2002	2003	2004以降
成長率[%]	-0.5	0.5	1.9	2.2	2.4	2.0

3.5 冷媒の回収率の設定

冷媒の「回収率」を次のように定義する。

$$「回収率」 = 「機器回収率」 \times 「冷媒回収率」 \dots (6)$$

ただし、右辺の各項を次のように定義する。

- ・「機器回収率」とは、廃棄された各機器に対して、冷媒の回収が実施された割合を表す。
- ・「冷媒回収率」とは、各機器1台当りの充填冷媒量から、回収可能な冷媒量の割合を表す。

回収実施状況については、数件<sup>18) 19) 20)</sup>の報告書が公表されているが、これらのデータにはばらつきが見られる。これは、データが抽出調査から拡大推計されているため、調査対象の範囲によって違いが生じるからである。また、自治体と業者のどちらを対象に調査しているかによる違いもある。そこで本研究では、より詳細にデータが報告されて

いる文献<sup>19)</sup>を用いることにし、その機器回収率を表7に示す。ただし、表7は1997年現在の回収率である。

表7 1997年現在の各機種別および事業者別の機器回収率

機器の種類	回収ルート	機器回収率 [%]
家庭用冷蔵庫	自治体	78
	家庭用電気機械器具小売業	8
	産業廃棄物処理業	35
カーエアコン	ディーラー	22
	中古車小売業	18
	部分品小売業	11
	整備業	20
	解体業	9
業務用冷凍空調器	管工事業	49
	ビルメンテナンス業	92
	冷凍機・湿潤調整装置製造業	48

注1) 数値は各回収ルートごとの各事業所での機器回収率を表している。  
 注2) ルームエアコンおよび自動販売機については、詳細な回収実施のデータは公表されていない。

また、冷媒回収率は「機器1台から最低限可能な冷媒の回収率」を表しているが、回収方法や回収機器の高性能化および回収時間の延長などにより回収率を向上させることが可能である。そこで本研究では、現在の回収技術をもとに見積もられた値<sup>20) 21)</sup>を参考にして冷媒回収率を表8のように仮定した。

表8 機器1台当りからの冷媒回収率

分類	冷媒回収率
家庭用冷蔵庫	80
カーエアコン	60
ルームエアコン	60
大型冷凍空調機器類	90
コンデンシングユニット類	80
一体型ショーケース類	60

3.6 運搬および破壊処理方法の設定

アンケート調査より、フルオロカーボン類の回収所から破壊処理施設への運搬方法およびその距離を表9に設定する。

表9 運搬に関するデータ

運搬方法	サイズ	主に 20kg ボンベ
	手段	主に 10t トラック
運搬距離 (往復)	フロンの積載量 [kg/台]	約 5600kg/台 (20kg×約 280 本/台)
	県内近郊	約 150km(100~200 km)
エネルギー消費	燃料	軽油
	トラックの燃費	3.5km/L
	軽油の CO <sub>2</sub> 原単位	2641.26 g-CO <sub>2</sub> /L

注) 軽油の CO<sub>2</sub>原単位は電力中央研究所の報告書<sup>22)</sup>の値。

また、各破壊処理施設によって破壊処理方法やそれに伴うエネルギー消費量が異なるが、本研究ではロータリーキルン法による処理方法を用いるとし、文献<sup>21)</sup>およびアンケート調査を参考に表10に設定する。ところで、破壊処理施設では廃プラスチックや廃油などの廃棄物に混合してフルオロカーボン類が焼却分解され、このとき補助燃料としてA重油が使用される。そこで本研究では、各フルオロカーボン類の結合<sup>23)</sup>を分解するのに十分な熱量が得られるように、焼却分解する際のA重油の熱利用効率を70%と仮定し

てA重油の投入量を決定し、これより各フルオロカーボン1kg当りを処理するときのエネルギー消費によるCO<sub>2</sub>排出量を求める。

表10 破壊処理に関するデータ

破壊処理方法		ロータリーキルン法
廃フロンの廃棄物への混合比		2%
フロン 1kg 当たりのエネルギー消費量	電力	約2kWh/kg (1~3kWh/kg)
	電力のCO <sub>2</sub> 原単位	429g-CO <sub>2</sub> /kWh
	燃料	主にA重油
	A重量のCO <sub>2</sub> 原単位	290.08g-CO <sub>2</sub> /Mcal

注1) 電力のCO<sub>2</sub>原単位は1990年度産業連関表より算出された値  
 注2) A重量のCO<sub>2</sub>原単位は電力中央研究所の報告書<sup>23)</sup>の値。

4. 分析結果

4.1 新規出荷台数の回帰分析の係数

回帰分析により求められた各係数の値とそのt値および決定係数を表11に示す。

表11 回帰分析の各係数とt値

対象機器	回帰分析の係数 (t 値)			決定係数
	A	$\alpha$	$\beta$	
家庭用冷蔵庫	1.06(1.99)	0.44(9.03)		0.76
乗用車用エアコン	0.91(-2.59)	0.79(13.34)		0.87
小型ルームエアコン	0.73(-5.53)	2.54(15.01)		0.93
中・大型ルームエアコン	0.83(-2.65)	5.82(26.61)		0.98
パッケージエアコン	0.74(-0.97)	-17.27(-3.76)	8.74(1.43)	0.77
遠心式冷凍機	1.17(1.46)	-3.10(-5.04)	1.27(3.01)	0.68
チリングユニット	0.84(-3.80)	-0.72(-2.73)	-0.21(-1.16)	0.76
輸送用冷凍冷蔵ユニット	1.60(3.77)	3.69(9.81)		0.86
コンデンシングユニット	0.99(-0.36)	-0.93(-5.19)	0.39(3.65)	0.67
冷凍冷蔵ユニット	1.08(1.11)	1.48(7.44)		0.78
内蔵型冷凍冷蔵ショーケース	1.02(0.43)	-6.33(-2.78)	0.68(1.47)	0.86
別置型冷凍冷蔵ショーケース	0.92(-2.55)	4.73(9.24)		0.93
業務用冷蔵庫	1.05(1.13)	9.14(12.91)		0.97
製氷機	1.01(0.42)	0.79(11.00)		0.88
冷水機	1.12(1.29)	-5.93(-2.06)	-0.29(-1.43)	0.93
自動販売機	1.75(5.48)	1.56(9.29)		0.77
除湿機	1.02(0.22)	2.48(11.78)		0.90

4.2 フルオロカーボン類の総廃棄量

対象機器中からのフルオロカーボン類の廃棄量を図1に示す。また、その廃棄によるオゾン層破壊への影響量を図2に示す。さらに、地球温暖化への影響を表すCO<sub>2</sub>換算廃棄量を図3に示す。ただし、図2において「ODPトン」とは、CFC-11のオゾン層破壊能力を基準としたときの廃棄量を表している。

図1によれば、初期の冷媒からの廃棄量は減少するが、代替後の冷媒からの廃棄量が増加しているため、全体として廃棄量は増加の傾向にある。

しかし、オゾン層破壊への影響を考えると、図2より、初期の冷媒の廃棄による影響は大きいですが、代替後の冷媒による影響は非常に小さいため、全体の影響量は1997年をピークに減少の傾向にある。よって、早期にフルオロカーボン類の回収に取り組むことが、オゾン層保護対策として非常に有効である。

また、温暖化への影響を考えると、図3より、1997年をピークにCO<sub>2</sub>換算廃棄量は徐々に減少する。しかし、1999

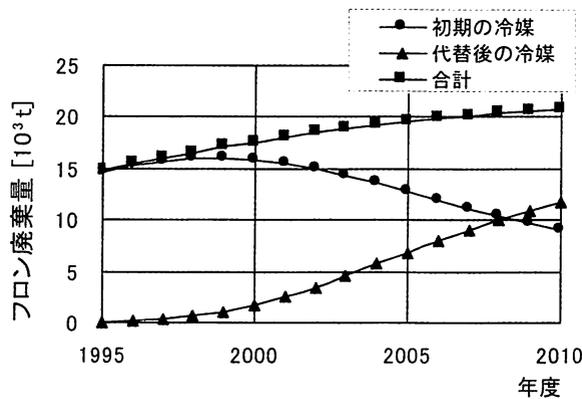


図1 フルオロカーボン類の総廃棄量

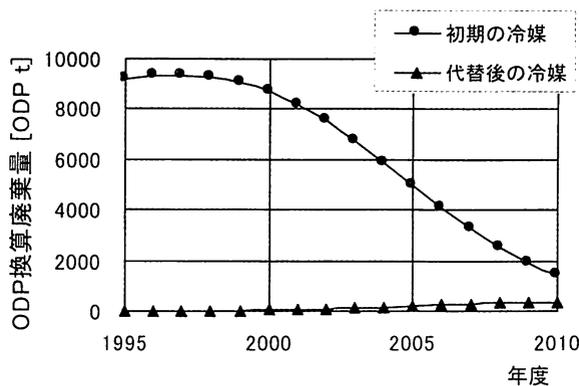


図2 フルオロカーボン類のオゾン層破壊への影響量

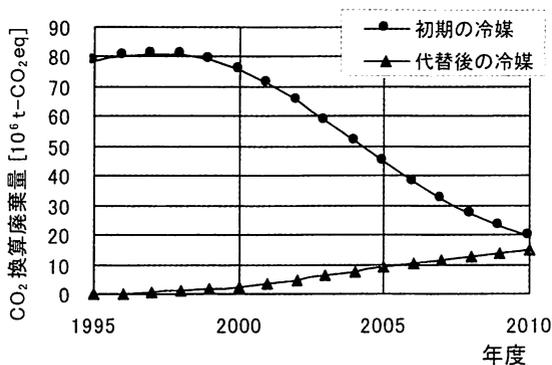


図3 フルオロカーボン類のCO<sub>2</sub>換算廃棄量

年から2010年までの各年のCO<sub>2</sub>換算廃棄量を1990年のCO<sub>2</sub>排出量と比較すると、1999年では7%、2010年では3%に相当する。したがって、通常の温暖化抑制対策は長期的な取り組みにより効果が得られるのに対して、フルオロカーボン類の回収は、短期・中期的に大きな効果が得られる優先順位の高い温暖化抑制対策であるといえる。

ここで、1999年から2010年までの総CO<sub>2</sub>換算廃棄量についての各機器ごとの内訳を見ると、家庭用冷蔵庫が20% (冷媒7%、断熱材13%)、カーエアコンが40% (乗用車29%、トラック11%)、ルームエアコンが20% (小型14%、中・大型3%、パッケージ3%)、コンデンシングユニットが10%と、これらの機器が対象機器からのCO<sub>2</sub>換算廃棄量の90%を占めているため、これらから回収を実施するこ

とが効果的である。

### 4.3 回収実施率100%のケース

回収制度の不備により各回収経路ごとに回収実施率が異なることが、全体の回収量が増加しない要因となっている。例えば、表7、表8を用いて評価対象機器からの回収量を計算すると、1997年では1990年のCO<sub>2</sub>排出量の6.5%に相当する量が大气放出されている。

そこで、各経路において100%回収実施をおこなった場合のCO<sub>2</sub>換算量を表12に示す。ただし、表9、表10を用いて、回収・運搬および破壊処理のエネルギー消費等によるCO<sub>2</sub>排出量を考慮する。

表12 回収実施率100%の場合のCO<sub>2</sub>換算量

機器の分類	回収量 (破壊処理前) [10 <sup>6</sup> t-CO <sub>2</sub> eq]	回収量 (破壊処理後) [10 <sup>6</sup> t-CO <sub>2</sub> ]	回収時の漏れによる 大气放出量 [10 <sup>6</sup> t-CO <sub>2</sub> eq]
カーエアコン	167.53	0.1399	111.69
冷蔵庫 (冷媒)	37.03	0.0205	9.26
冷蔵庫 (断熱材)	69.76	0.0736	17.44
ルームエアコン	79.94	0.1601	53.30
大型冷凍空調機器類	13.91	0.0213	1.55
コンデンシングユニット類	62.92	0.0660	15.73
一体型ショーケース類	22.11	0.0306	14.74
自動販売機	2.97	0.0034	1.98
除湿機	0.89	0.0013	0.59
合計	457.07	0.5167	226.28

注) ただし、1999年から2010年までの累計値を示している。

表12によれば、回収・運搬および破壊処理によるCO<sub>2</sub>排出量の影響は非常に小さいため、100%回収実施の後に適切な処理をおこなえば、1999年から2010年までの各年のCO<sub>2</sub>換算回収量は、1990年のCO<sub>2</sub>排出量の2~5%に相当する。ただし、回収時の漏れによる大气放出量も無視できないため、今後は回収実施率の向上だけでなく、回収時の漏れを低減させるように努めていくことが温暖化抑制対策として重要となる。

### 5. おわりに

本研究ではフルオロカーボン類による温暖化への影響度に注目し、フルオロカーボン類を冷媒として使用している機器について、それらの廃棄による温暖化への影響の分析をおこなった。結果を次にまとめる。

- (1) 評価対象機器中の冷媒の1999年から2010年までの各年のCO<sub>2</sub>換算廃棄量を1990年のCO<sub>2</sub>排出量と比較すると、1999年では7%、2010年では3%に相当する。
- (2) カーエアコン、冷蔵庫、ルームエアコン、コンデンシングユニットからの廃棄の影響が大きく、評価対象機器からのCO<sub>2</sub>換算廃棄量の90%を占める。
- (3) 回収・運搬および破壊処理のエネルギー消費等によるCO<sub>2</sub>排出量を考慮しても、100%の回収実施をおこなえば、1999年から2010年までの各年のCO<sub>2</sub>換算回収量は、1990年のCO<sub>2</sub>排出量の2~5%に相当する。

今後は、早急に回収率を向上させることが求められ、そ

のためには回収制度を整備し、回収機器の高性能化により回収時の漏洩を防止することが、温暖化抑制対策として重要な課題となる。

最後に、温暖化抑制のためには、他の先進国および途上国におけるフルオロカーボン類の回収も不可欠であるため、生産量の抑制だけでなく、廃棄時に回収を実施することに対する国際的な対応が望まれる。

### 参考文献

- 1) Molina, M. J. and Rowland, F. S.; Nature, 249, (1974), 810.
- 2) 日本フルオロカーボン協会; フルオロカーボン類の環境・安全データ一覧表
- 3) IPCC; Climate Change 1995. 121.
- 4) 真壁肇; 信頼性データ解析, (1987), 岩波書店
- 5) 日本冷凍空調工業会フロン委員会フロン回収リサイクルWG; 冷媒フロンの使用量と回収可能量調査報告書, (1993)
- 6) オゾン層保護対策産業協議会; 代替フロンの地球温暖化対策動向に関する調査報告書, 平成8年度調査報告書NEDO-GET-9602, (1997), 109-113
- 7) 日本自動車販売機工業会; 自販機リポートVend, Vol.2, (1998), 18.
- 8) 日本冷凍空調工業会; 冷凍空調機器データブック, (1990)
- 9) 日本冷凍空調工業会; 冷凍空調機器データブック, (1998)
- 10) 日本電機工業会家電部調査課; 国内出荷数量の推移
- 11) 日本自動車販売機工業会; 自販機30年のあゆみ, (1993), 82
- 12) 日本自動車販売機工業会; 自動車販売機データブック, (1999), 6
- 13) 日本自動車工業会; 自動車統計月報, Vol.32, No.11, (1999)
- 14) 日本自動車工業会; 自動車統計年報, 第26集, (1998)
- 15) 日本自動車販売機工業会; 自販機普及台数及び年間自販金額, (1990-1998)
- 16) 日本電機工業会; 2003年に至る家電製品の国内需要予測—経済・社会需要から導く需要構造の変化—, (1999), 47-53.
- 17) 関西経済研究センターマクロ経済分析プロジェクト, 第45回景気分析と予測, (1998)
- 18) 環境庁大気保全局企画課; 平成8年度フロン回収等に関する調査報告結果について, (1997)
- 19) 環境庁大気保全局企画課; 平成9年度CFC回収などに関する調査結果, (1998)
- 20) 通商産業省化学品審議会オゾン層保護対策部会回収再利用等対策分科会; 特定フロンの回収等に関する今後の取組の有り方について(中間報告), (1997)
- 21) 環境庁大気保全局企画課広域大気管理室編; フロン回収・破壊モデル事業事例集, (1996), 日本環境衛生センター
- 22) 環境庁大気保全局企画課資料; フロン使用機器の使用・廃棄に際してのフロン排出の可能性
- 23) 電力中央研究所; 産業連関分析による財・サービス生産時のエネルギー消費とCO<sub>2</sub>排出量, Y95013
- 24) 日本エネルギー経済研究所エネルギー計量分析センター編; エネルギー・経済統計要覧'99, 省エネルギーセンター
- 25) 日本フルオロカーボン協会; 特定フロン品種別・用途別出荷量
- 26) 日本フルオロカーボン協会; HCFC品種別・用途別出荷量
- 27) 日本フルオロカーボン協会; HFC品種別・用途別出荷量
- 28) 日本化学会編; 化学便覧基礎編II改訂4版, (1993), 301-302, 丸善

協賛行事ごあんない

## 「第20回光がかかわる触媒化学シンポジウム」

〔主催〕 触媒学会「電子または光子のかかわる触媒研究会」

〔協賛〕 日本化学会, 高分子学会 他

〔日時〕 平成13年6月5日(火)

〔会場〕 東京工業大学・百年記念館  
(目黒区大岡山2-12-1)

〔参加費〕 一般4,000円, 学生2,000円(当日受付)

〔申込先〕 〒226-8501 横浜市緑区長津田町4259

東京工業大学生命理工学研究科 大倉一郎

TEL 045-924-5752

FAX 045-924-5778

e-mail iokura@bio.titech.ac.jp