

業務用冷凍空調機器からのフロン回収・破壊に係る費用・環境負荷の推計手法の開発

後藤尚弘¹・藤江幸一²

¹正会員 工学 豊橋技術科学大学助教授 エコロジー工学系 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)

²非会員 工学 豊橋技術科学大学教授 エコロジー工学系 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)

本研究では業務用冷凍空調機器からのフロン回収・破壊システムの費用、環境負荷を簡易に推計する手法の開発を行った。特に、フロン収集工程を詳細に推計するために、GISを用いて空調機器のフロン分布は建物床面積の分布と床面積あたりのフロン量から、冷凍冷蔵機器のフロン分布は業態別事業所の分布と業態別フロン量から求める方法を示した。その結果、フロン回収費用は、抜き取り費、保管費、破壊費が大きな割合を占めていることがわかった。

Key Words: *fluorocarbon, collect/destruction system, commercial refrigerator and air conditioner, geographic information systems*

1. はじめに

フロンがオゾン層を破壊することが指摘されて以来、国際条約の締結が進められ、1987年の「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」が採択され、ガス種ごとに生産の段階削減と全廃の具体的なスケジュールが決められた。この削減スケジュールに従って、日本でも1988年に「特定物質の規制等によるオゾン層保護に関する法律(オゾン層保護法)」が制定され、クロロフルオロカーボン(CFC)をはじめとする主要なオゾン層破壊物質は1995年末を持って全廃となっている。しかしながら、オゾン層保護法は、新たにCFCなどの生産を規制しているのであって、すでに生産され冷媒として使用している機器の生産を規制するものではない。機器の修理時や廃棄時に冷媒を大気中に漏洩させず回収・破壊することが大切であることから、2001年に「特定製品に係るフロン類の回収および破壊の実施の確保等に関する法律(フロン回収破壊法)」が制定され、業務用冷凍空調機器およびカーエアコンからのCFC、ハイドロクロロフルオロカーボン(HCFC)、ハイドロフルオロカーボン(HFC)の3種類のフロンの回収・破壊が義務付けられた。

環境省と経済産業省が平成15年6月に発表した結果¹⁾によれば、平成14年度のフロン類破壊量の総計は約1,653t(CFCが約354t、HCFCが約1,173t、HFCが約126t)であった。また、製品別に見ると、

業務用冷凍空調機器から回収されたものが約1,579t、カーエアコンから回収されたものが約137tとなっていた。

現在、廃棄機器からのフロン回収は、主に家庭用冷蔵庫・ルームエアコン、カーエアコン、業務用冷凍空調機器を対象に行われており、機器によって異なる廃棄ルートで処理されている。家庭用冷蔵庫・ルームエアコンやカーエアコンは機器の形態に多少の違いがあるが、機種に関係なく同様にフロン回収作業が行なわれる。これに対して、業務用冷凍空調機器については、販売店、工事業者、機器保守契約者など機器の契約関係にある設備業者により撤去・処分が行なわれている。これらの機器は機種形態が多様なため設備業者は様々な分野にわたっており、フロン回収作業も機器形態の違いにより異なる。

冷凍空調機器におけるフロン回収・破壊システムは(社)日本冷凍空調工業会(機器メーカー団体)、(社)日本冷凍空調設備工業連合会(設備工事・サービス業者の団体)及び(社)日本フルオロカーボン協会(フロンメーカー団体)が共同事業として行ってきた。しかしながら、費用負担者が不明確なことや設備投資費が高いこと等がシステム運用の阻害要因として挙げられている。

これまでに業務用冷凍空調機器からのフロン類の

^{*} カーエアコンに対する施行は14年10月1日なので、カーエアコンの引取量は半年間の値となっている

回収・破壊システムの評価に関して行われた研究・調査はあまり多くない。浦野・木村²⁾はフロン回収装置のみの評価を行っている。花岡ら³⁾は将来のフロン類廃棄量予測に基づき、国内における回収・処理の温暖化抑制対策としての評価を行っている。また、東京都⁴⁾を初めとする各種自治体では、地域のフロン類の回収・処理の評価を行っている。ただし、これらの研究・調査は業務用冷凍空調機器に含まれるフロン類の詳細な存在量・分布予測に基づくものではない。

フロン回収・破壊システムの問題点改善には、公平な費用負担が求められることから、フロン類の詳細な存在量・分布予測に基づき費用の発生を明らかにし、回収・破壊システムの評価する方法の確立が望まれる。

2. 目的

業務用冷凍空調機器からのフロン回収・破壊をより促進させるには、機器使用者を含めたフロン回収・破壊に関わる関係者間の社会的合意形成が大きく関わってくる。現時点ではフロン回収は、廃機器の回収を行っている関係事業者に大きな負担となっており、今後は行政、機器使用者、メーカーなどが、それぞれの立場において役割を担って行くことが望まれる。そのためにもフロン回収・破壊に関する費用を予測し、関係者間での公平な負担の仕組みを構築することが必要である。

以上の背景より、本研究では廃業務用冷凍空調機器からのフロン回収・破壊システムについて調査を行い、費用、エネルギー消費量、二酸化炭素排出量の観点からシステムに対する評価手法を開発し、フロン回収・破壊システムの効率向上に資する提言を行うことを目的とする。特に、業務用冷凍冷蔵機器の効率のよい回収システムを構築するために、地理情報システム(Geographic Information System: GIS)を用いて対象地域におけるフロンストック量分布の推計を行う簡易な手法を開発する。なお、計算のためデータの年度であるが、全てのデータの年度をそろえるため今回は1997年のデータを用いた。

3. 方法

(1) フロンストック量分布の推計方法

a) 対象フロン

CFC, HCFCの代替物質として利用が増えつつあるHFC、パーフルオロカーボン(PFC)が、気候変動枠組条約締結国会議により温室効果ガスとして指定され排出抑制等が求められ、排出削減目標値が設定された。環境省資料⁵⁾によると、HFC基準年(1995

年)におけるHFCの排出量は全温室効果ガス排出量の約1.6%(CO₂換算)であり、冷媒用途に限ると全体の0.02%に過ぎない。しかし、今後のHCFCからの冷媒転換に特別の対策を行わない場合、2010年には約2倍になり2020年には更に増大すると予想されている。よって、対象フロンはCFC、HCFC、HFC、PFCとした。

b) 対象機器

本研究においてフロンストック量分布推計の対象は業務用冷凍空調機器とする。業務用冷凍空調機器は一般に小売店や飲食店の冷凍冷蔵機器から、ビルや公共施設等に設備されている空調機器まで様々な分野で使用されている。機器の分類方法は(社)日本冷凍空調工業会⁶⁾に従った(表・1)。

本研究では、冷凍冷蔵機器と空調機器のフロンストック量の推算を分けて行う。空調機器のフロンストック量分布は建物床面積の分布より、冷凍冷蔵機器のフロンストック量の分布は小売店の分布より推計を行った。

表-1 業務用冷凍空調機器の分類⁶⁾

冷凍空調機器
輸送用冷凍冷蔵ユニット、ウォータークーラー、冷水機、製氷機、冷凍冷蔵ユニット、コンデンシングユニット、冷凍冷蔵ショーケース、業務用冷蔵庫
空調機器
パッケージエアコン、ガスヒートポンプエアコン、スポットエアコン、空調用設備機器(チリングユニット、吸収式冷凍機、ターボ冷凍機)、空気調和機器(ファンコイルユニット、エアハンドリングユニット、全熱交換器)

c) 使用データ

本研究で用いた各データは以下のとおりである。冷凍・空調機器共にフロンストック量の推計値、各機器へのフロン充填量は(社)日本冷凍空調工業会がまとめた「冷媒の使用と回収可能量調査報告書」⁷⁾を参照した。それ以外は「冷媒回収技術」⁸⁾及び「フロン回収の手引き」⁹⁾に従った。

冷凍冷蔵機器の分布推測の際に用いた業種の売場面積は商業統計¹⁰⁾から引用した。空調機器の分布推測に用いた建物用途別面積は愛知県統計書¹¹⁾から引用した。空調機器の冷房負荷は「冷凍空調のSI単位」¹²⁾を参照した。また、単位負荷あたりの機器へのフロン充填量はメーカーのカタログより推算を行った。

(2) 空調機器のフロンストック量分布

以下に空調機器のフロンストック量分布の推計方法について述べる。各機器の分類と出荷台数¹³⁾を表・2に示す。表・2によると、パッケージエアコンの出荷台数が最も多いことがわかる。従って、本研究では全ての業務用空調機器がパッケージエアコンであ

ると仮定してフロストック量分布の推計を行う。

表-2 空調機器の機器別出荷台数¹³⁾

空気調和関連機器		出荷台数		
		1999 年	1998 年	1997 年
パッケージエアコン		624,224	682,064	786,194
ガスヒートポンプエアコン		42,187	39,393	39,838
スポットエアコン		21,505	32,904	46,553
空調用設備機器	チリングユニット	8,913	10,213	12,014
	吸収式冷凍機	3,587	4,108	4,412
	ターボ冷凍機	247	333	336
	ファンコイルユニット	238,005	267,928	300,317
	エアハンドリングユニット	27,086	32,316	32,306

a) 床面積あたりのフロストック原単位

空調機器に充填されているフロストック量は、設置されている建物の床面積から推計する。床面積が大きくなれば、より高い冷房能力を持つ空調機器が必要となる。冷房能力が高くなればフロストック量も増える¹⁴⁾ので、床面積とフロストック量は比例関係があるといえる。床面積あたりのフロストック量は以下の手順で推計する

建物種類別の冷房負荷と冷房負荷別の空調の冷房能力と空調面積の関係から、建物種類別の冷房能力と空調面積の関係を求める

↓

冷房能力あたりの冷媒充填量と床面積あたりの必要な冷房能力から床面積あたりの冷媒充填量を求める

↓

建物別の床面積あたりの冷媒充填量を各建物の床面積をベースに加算平均することにより、床面積当たりの平均フロストック原単位を求める

b) 冷房負荷

空調機器の設置を計画する時、建物の冷暖房負荷計算を行う。建物の冷房負荷から、それに適した冷房能力を持つエアコンを選ぶことになる。建物種類別の冷房負荷を表-3に示す。

表-3 建物種類別冷房負荷¹³⁾

建物種類	冷房負荷 (W/m ²)		
	低	平均	高
アパート・ホテルの客室	41	63	94
美術館・図書館	94	162	236
百貨店(上方階)	76	98	126
オフィスビル	72	114	164
レストラン	284	372	488
美容室・理髪店	157	240	369

c) 空調の冷房能力

空調の冷房能力と建物の冷房負荷によって空調面積が決まる。表-4に冷房能力別の冷房負荷と空調面積が異なる。

表-4 冷房能力別のエアコンの冷房能力と空調面積の関係 (単位: m²)¹⁵⁾

冷房負荷 W/m ²	冷房能力		
	5.0 kW	8.0 kW	14.0 kW
115~170	43~29	70~47	122~82
155~230	32~22	52~35	90~61
230~290	22~17	35~28	61~48

d) 空調の冷房能力当たりの空調面積

表-3、-4より図-1のように建物種類別の空調の冷房能力と空調面積の関係がわかる。

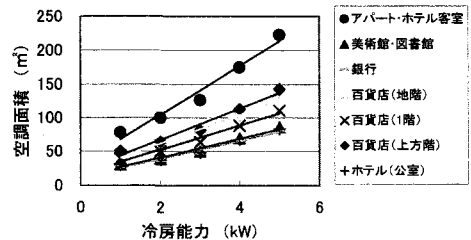


図-1 建物種類別 冷房能力と空調面積

e) 冷房能力あたりのフロストック量

パッケージエアコンのシェアが最も多かった製造会社の製品¹²⁾によると、冷却方式の違いによって充填量は大きく二分化される(図-2)。空冷式のエアコンは水冷式のエアコンと比べてフロストック量が多くなっている。

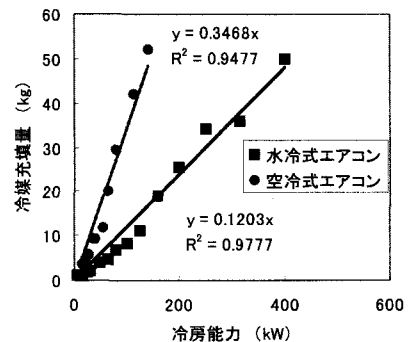


図-2 空冷方式別の冷房負荷と冷媒充填量

f) 床面積当たりのフロースtock原単位

図-1、-2より、建物別の床面積当たりのフロースtock原単位わかる。なお、本研究ではパッケージエアコンの多数を占める空冷式の値を用いた。

表-5 建物種類別床面積当たりのフロースtock原単位

建物種類	g/m ²
アパート・ホテルの客室	22
美術館・図書館	56
百貨店(上方階)	34
オフィスビル	40
レストラン	129
美容室・理髪店	83

g) 平均フロースtock原単位の推計

フロースtock量分布の推計の際、建物種類によって床面積当たりのフロースtock使用量が異なっているので、床面積の計算で建物種類ごとに床面積を求めることが必要となる。しかしながら、本研究で用いる住宅地図には建物の所有者に関する情報はあが、建物種類に関する情報が不足しており、対象とする地域の全ての建物種類を判断することは困難である。そこで、業務用空調機器が設置されていると思われる建物について種類別の床面積比を調査し、建物ごとのフロースtock原単位を加重平均することで平均フロースtock原単位の決定をした。

表-6は、建築統計年報¹⁶⁾より、非居住用における用途別着工建築物の床面積および1棟あたりの平均床面積を算出したものである。「商業用」、「サービス業用」、「公務・文教用」、「その他の建築物」の4つに分け、昭和63年度～平成12年度の全国着工建築物数および床面積の合計よりその割合を求めた。

表-6 非居住用における用途別着工建築物の床面積¹⁶⁾

	建築物数 (千棟)	床面積合計 (10 ⁶ m ²)	1棟あたりの 平均床面積 (m ²)
商業用	575	316	549
サービス業用	365	227	622
公務・文教用	404	216	534
その他	1,031	460	446
合計	2,375	1,218	513

商業用建築物はさらに、卸売業・小売業、飲食店、金融・保険業、不動産業、その他の商業用に分類されるが、中でも卸売業・小売業の床面積が大部分を占めているので、代表的な建築物として「百貨店」を選び、そのフロースtock原単位を平均原単位の計算に用いた。同様に、サービス業用建築物は、宿泊業の床面積比が一番高かったのもので、その代表的な建築物として「ホテル」を選ぶことにした。一方、

公務・文教用建築物、その他の建築物では、「オフィスビル」を代表建築物とした。「百貨店」、「ホテル」、「オフィスビル」の床面積とフロースtock原単位の加重平均より、床面積当たりのフロースtock原単位は37(g/m²)となった。(豊橋市は33(g/m²))

h) 地域におけるフロースtock量分布

地域における空調機器のフロースtock量分布はGISを用いて表示する。使用したGISソフトはMapInfo(MapInfo社製)である。GIS上では3次メッシュ地図を基準にフロースtock量分布を表示する。3次メッシュは行政管理庁告示第143号で定義された、一定の経線、緯線で地域を約1km×約1kmの網の目状区画で表示するものである。

また、建物床面積の計算にはMapQuestコントロールキット version4.0(エヌエスエンジニアリング社製)と住宅地図(ゼンリン製)を用いる。MapQuestコントロールキットはVisual Basic(マイクロソフト社製)からGISを操作できる関数の集まりであり、地図上の任意の矩形の面積を計算することができる。ゼンリンの住宅地図は建物の矩形を表示するものであり、各建物の所有者や階数が属性として収められている。本研究ではMapQuestコントロールキットを用いて、3次メッシュ地図と住宅地図を重ね、各メッシュ内の建物床面積の合計を計算するプログラムを作成した。

まずメッシュ内に縦横10mごとに計10,602個のポイントを取り、その地点に建物があれば床面積を取得する。このとき、建物データとリンクさせて、建物階数を読み込んで建物全体の床面積値を計算するようにした。次に、異なるポイントが同じ建物の矩形に含まれている場合はその中の1つの値を選択するようにした。最後に取得した面積値を合計し、メッシュ内の建物床面積合計値を得る。

しかし、ここで得られた値はメッシュ内にある全ての建物が対象となってしまう。居住用建築物などの業務用空調機器が設置されていない建物については、対象外としなければならない。表9より非居住用建築物の総1218×10⁶m²である。これに対して居住用建築物の総床面積は116×10⁶m²である。よって、本プログラムで計算した全建物床面積の1218/(1218+116)=91%を非居住用建築物の床面積とした。(豊橋市の場合は40%となる)

(3) 冷凍冷蔵機器

冷凍機器の使用事業者は主に飲食関係事業所、小売事業所、ホテル、医療福祉施設等である。本研究ではこの中で最も機器使用量が多いと思われる小売業

事業所を推計の指標とする。

また、今回の推計では各メッシュのフロンストック量分布の推算を行うので、輸送用冷凍冷蔵ユニットは推算の対象外とする。さらに、ウォータークーラーもフロン充填量が少なく、他の機器に比べ影響があまり大きくないことから対象としない。

小売業のフロンストック量の分布を推測するとき、小売業の業態別事業所数の3次メッシュ¹⁷⁾による分布図を用いる。しかしながら、フロンストック量に関しては機器別の値しかないので、この機器別フロンストック量を業態別ストック量へ再計算を行う必要がある。以下に、冷凍冷蔵機器のフロンストック量の分布の推計方法の流れを示す。

a) 全国の冷凍冷蔵機器のフロンストック量

冷凍冷蔵機器の機器別の国内出荷台数と機器一台あたりのフロン充填量から全国の冷凍冷蔵機器のフロンストック量を求める。

b) 全国の業態別フロンストック量

全国フロンストック量を業態別フロンストック量に再計算する。業態による事業所数、従業員数、売場面積の比率を図-3に示す。図-3によると、百貨店は、事業所数では全体の1%に満たないが、売場面積では全体の約20%となった。売場面積によって設置可能な冷凍冷蔵機器数が依存すること、業態によって売場面積あたりの冷凍冷蔵機器設置数が異ならないと仮定すると、各業態の売場面積によって、業態別フロンストック量を計算するのが適切と思われる。

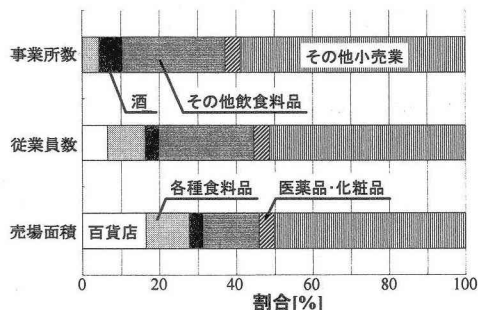


図-3 小売業の事業所数比、従業員数比、売り場面積比

c) 各都道府県の業態別フロンストック量

業態別フロンストック量は全国値なので、これを各都道府県に按分する。都道府県への按分は全国と各都道府県の売場面積比で計算を行った。各地域の代表的な都道府県を選び、地域或いは業種に拠る特性を検討した(表-7、8)。小売業全体の売場面積割合は東京、大阪等の大都市に多く、地方は少なくなる。業態毎に売場面積の割合を見ると東京・大阪では百貨店の売場面積割合が小売業全体のそれよりもやや

大きく、各種食料品小売業のそれは少なくなっている。大都市では、百貨店の数も規模も大きいのが、小規模な飲食料品小売業は事業所数が多いものの売場面積の割合が少ないことより小規模化が進んでいることがうかがわれる。新潟、宮城、沖縄では大都市とは逆の傾向が見られる。従って、今後は地域の規模(人口、経済等)に関わる補正を加えていくことも必要であると思われる。今回は全小売業の売場面積比と業態毎の売場面積比に5%以上の差が見られなかったため、地域の産業構造を考慮に入れず、全国業態別フロンストック量に小売業面積比を乗じることで、都道府県別業態別フロンストック量を得る。

表-7 各地域の小売業と小売業各業態別売場面積の割合

	小売業	百貨店	各種食料品	その他飲食料品
全国	100%	100%	100%	100%
北海道	4.98%	5.19%	6.18%	5.89%
宮城	1.95%	1.50%	2.13%	2.01%
東京	7.76%	9.65%	6.11%	9.39%
新潟	2.25%	1.31%	2.24%	2.06%
長野	2.17%	1.60%	3.03%	1.39%
愛知	5.56%	6.48%	4.10%	5.30%
大阪	5.60%	7.26%	4.91%	5.30%
広島	2.53%	2.77%	2.95%	1.83%
愛媛	1.31%	1.17%	1.43%	1.29%
福岡	4.43%	4.86%	3.14%	5.27%
沖縄	0.93%	0.59%	0.94%	1.58%

表-8 各地域の小売業業態別事業所数

	百貨店	各種食料品	その他飲食料品
全国	2364	60630	382060
北海道	199	3671	13565
宮城	47	1164	7804
東京	188	2600	38418
新潟	36	1521	8031
長野	39	1373	5695
愛知	138	2560	18570
大阪	159	2294	28317
広島	68	1759	7491
愛媛	40	982	5336
福岡	100	1657	17642
沖縄	19	2112	4846

d) 3次メッシュ毎のフロンストック量

都道府県別の業態別フロンストック量より、3次メッシュ毎のフロンストック量の計算を行う。商業

統計メッシュ地図の属性情報は各業態の事業所数である。各メッシュの事業所数からフロースtock量を求める為、その地域の各業態の平均事業所面積及び単位面積当りstock量を計算し、メッシュ内事業所数に乘じることによりメッシュ内業態別フロースtock量が求められる。業態毎にフロースtock量を算出し、それらの和がメッシュ内の全stock量となる。

(4)フロンの回収・破壊システムの評価方法

a) フロン回収・破壊システム

フロン回収・破壊システムを図-4のように「採取・収集」、「運搬1」、「保管」、「運搬2」、「処理」の5つの工程に分け、各工程において発生する費用、消費エネルギー量、CO₂量を計算する。

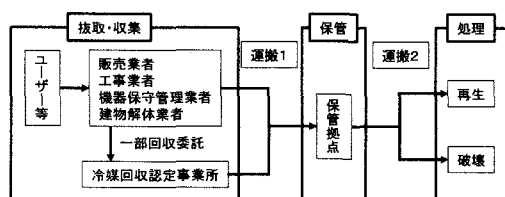


図-4 業務用冷凍空調機器のフロン回収・破壊システム

機器管理者から回収依頼を受けた回収事業者が機器設置場所でフロンを抜き取り、収集する工程を、「採取・収集」とする。回収事業者が機器設置場所へ行く工程と収集したフロンを保管拠点まで運搬する工程を「運搬1」とする。「保管」工程では、保管拠点で一定量になるまで随時保管する。一定量が溜まった後、まとめて処理施設まで運搬し、破壊または再生を行う。保管拠点から処理施設までの運搬工程を「運搬2」とする。破壊または再生の工程を「処理」とする。

システムの評価指標として費用及びCO₂量を用いるが、実際のフロン回収・破壊を想定すると、誰がどのように費用を負担するかが重要となる。現実には、フロン回収・破壊に必要な費用が高額だと回収が促進しないので、回収率を上げるためには回収費用を安価にすることが1つの条件となり、費用が同程度の場合の二次的な指標として、CO₂量が必要となろう。

費用は「採取・収集（以下採取）」、「保管」、「運搬1・2」、「処理」の工程で発生、CO₂は「採取装置の運転」、「運搬1・2」、「破壊」の工程で発生するとする。想定する回収・破壊システムにおいて、「運搬1」の距離は保管拠点から各機器の設置場所までの各メッシュの中心点を結んだ直線距離とし、「運搬

2」の距離は保管拠点から処理施設までの距離とし、片道距離を一律250kmとする。

b) フロン回収・破壊費用、環境負荷の計算

費用は人件費、採取装置の運転費・減価償却費、回収容器の減価償却費、運搬費、保管費、処理費に分類される。人件費は「採取」、「運搬1・2」で発生し、作業に掛かる時間および作業人数に比例する。採取装置の運転費・減価償却費、回収容器の減価償却費は「採取」で発生し、年間採取量により単位当たりの金額が変わってくる。「運搬1・2」の費用は「採取」における保管拠点から機器設置場所までの往復距離と保管拠点から処理施設までの距離に比例する。

一方、CO₂は採取装置の運転(電力)、ポンプの運搬(化石エネルギー)により発生する。採取装置運転時のCO₂発生はその時の採取量及び装置の性能により変わってくる。「運搬1・2」による環境負荷は保管拠点から機器設置場所までの往復距離と保管拠点から処理施設までの距離に比例する。計算に関わる各原単位を表-9、-10に示す。

表-9 計算にかかわる各原単位¹⁸⁾

人件費関連	人件費単価	2980 [円/h・人]
	準備作業時間	0.25 [h/作業]
	後作業時間	0.25 [h/作業]
	回収作業者	2 [人]
採取装置関連	運搬作業者	1 [人]
	採取装置価格	40 [万円]
	採取能力	12 [kg/h]
	消費電力	0.6 [kW]
	採取装置耐用年数	4 [年]
	採取容器価格	3 [万円]
	採取容器耐用年数	20 [年]
保管施設関連	採取容器容量	20 [kg]
	保管費単価	1000 [円/kg]
運搬関連	運搬距離	250 [km]
	輸送速度	40 [km/h]
	燃料費単価	80 [円/L]
	燃費	4 [km/L]
破壊処理関連	破壊処理単価	1000 [円/kg]

表-10 計算にかかわる各原単位¹⁹⁾

二酸化炭素排出	電力	0.104 [kg-C/kWh]
	軽油	0.721 [kg-C/L]
消費エネルギー	電力	9.41 [MJ/kWh]
	軽油	38.5 [MJ/L]

回収費用計算

・採取 採取装置運転費=stock量/採取能力×消費電力×電力単価

採取装置減価償却費 = 採取装置価格
 400000[円]/耐用年数/年間採取量
 回収容器減価償却費 = 回収容器価格
 30000[円/本]×回収容器本数/耐用年数/年間
 採取量

- ・収集 運搬費=運搬距離/燃費×燃料費単価
- ・保管 回収容器保管費=保管量×保管費単価
- ・運搬 運搬費=運搬距離/燃費×燃料費単価
- ・処理 破壊処理費=破壊量×破壊処理費単価
- ・人件費 人件費={採取時間×作業者数+運搬時間×運搬者数}×人件費単価

CO₂排出荷計算

- ・採取 CO₂排出量=消費電力×運転時間×排出原単位
- ・収集 CO₂排出量 =輸送距離×排出原単位/燃費
- ・運搬 CO₂排出量=輸送距離[km]×排出原単位/燃費

4. 結果と考察

(1)業務用冷凍空調機器におけるフロンストック量

計算の結果、豊橋市全体のフロンストック量は
 175t になった。日本冷凍空調工業会²⁰⁾によると、
 2001 年のパッケージエアコンにおける R22 の全国
 市場ストック量は 70,290t であると推測されている。
 本研究のフロンストック量分布推計は、業務用空調
 機器の中のパッケージエアコンを代表機器として行
 ったものであり、パッケージエアコンの冷媒として
 R22 が最も多く使用されていることを考慮すれば、
 単純に比較してよいといえ、結果より得られた豊橋
 市のフロンストック量は全国のストック量の 0.24%
 となる。

商業用、サービス業用、公務文教用建築物の床面
 積の合計を豊橋市と全国で比較したところ、これら
 の豊橋市における 3 建築物の総床面積は全国のそれ
 の 0.19% となり、フロンストック量の比率とほぼ近
 い値を示していたので、本手法による推計は妥当で
 あるといえる。

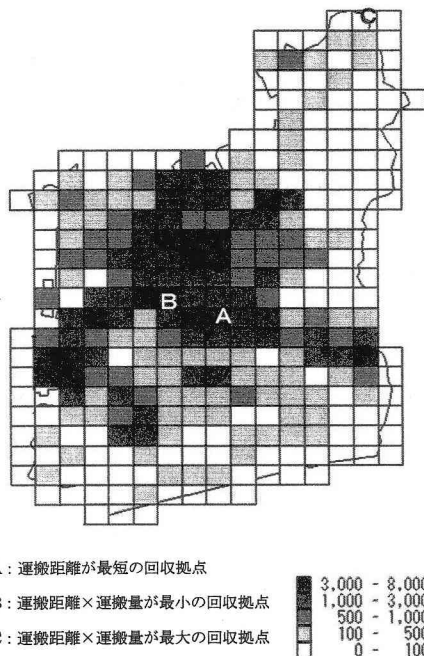
同様に、豊橋市における冷凍冷蔵機器のフロ
 ンストック量を計算し、43.3t という値を得た。

(2)保管拠点の違いによるフロン回収・破壊の費用、 環境負荷の比較

本研究のフロン回収・破壊システムにおいて行う
 計算は、保管拠点の位置が異なると、「運搬 1」工程
 が変化するので、その時の費用、環境負荷の発生が
 異なることが予想される。そこで、豊橋市のフロ
 ンストック量分布の結果を用いて、任意の場所に保管
 拠点を設置し、運搬距離の違いが費用や環境負荷に
 どのような影響を及ぼすか調査した。

保管拠点は、豊橋市の全 258 メッシュの中から、

運搬距離が最短となるメッシュ(A)と、運搬距離と運
 搬量の積が最小となるメッシュ(B)、運搬距離と運搬
 量の積が最大となるメッシュ(C)の 3 つを選択した
 (図-5)。保管拠点の違いによる運搬 1 工程における
 費用・環境負荷の計算結果を図-6、-7 に示す。保管拠
 点の違いにより、費用・CO₂発生ともに 2 倍程度の
 違いがあることがわかった。



A: 運搬距離が最短の回収拠点

B: 運搬距離×運搬量が最小の回収拠点

C: 運搬距離×運搬量が最大の回収拠点

図-5 豊橋市における業務用空調機器のフロンストック量分布(単位[kg/km²])

また、豊橋市におけるフロン回収・破壊全工程に
 おける回収費用・環境負荷の計算結果を図-8、-9 に示
 す。ただし、図-8、-9 における保管拠点は図-5 の A
 として計算を行った。

図-8 によるとフロン回収において「採取」「保管」
 「処理」に関する費用が大きく計算されていることが
 わかる。この理由として、採取を機器一台ずつ行
 うと仮定しているので採取に掛かる時間が長めにな
 るため人件費が高くなることと、回収装置の減価
 償却費が高いことが挙げられる。実際の現場では複
 数の採取装置を用いたり一台の採取装置で複数の機
 器からフロンを回収したりする場合がある。その場
 合は採取に掛かる時間が短縮され今回の計算結果
 よりも人件費が低減する可能性がある。採取装置を
 複数台用いる場合は増えた台数分の減価償却費が増

加する。また、回収容器の数も抜取事業者の数や抜取りの状況によって異なってくる。回収を促進するには回収装置のレンタル制度などの充実による回収装置の減価償却費の低減が効果的であるということを得た。さらに、回収作業時間短縮のための技術指導やフロン回収費用負担者の明確化、回収装置の性能向上・価格低下などが必要であると考えられる。「保管」に関しては保管費単価を、「処理」に関しては破壊費単価を抑えることによって費用を抑えることができる。

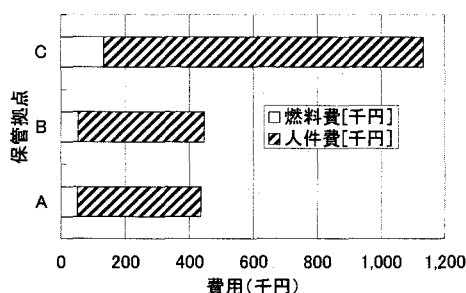


図-6 保管拠点の違いによる運搬1工程の費用

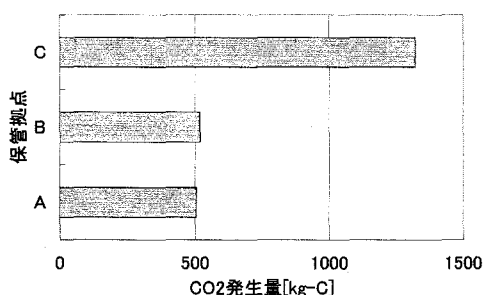


図-7 保管拠点の違いによる運搬1工程のCO₂発生量 (単位: kg-C)

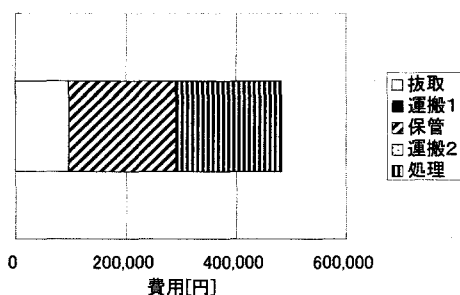


図-8 フロン回収・破壊工程における費用 (単位: 千円)

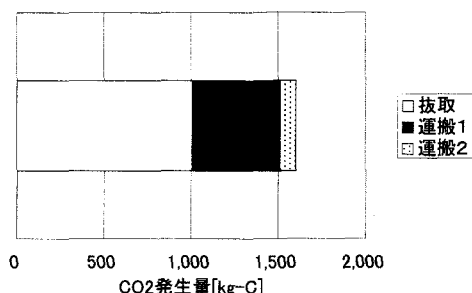


図-9 フロン回収・破壊工程におけるCO₂発生量 (単位: kg-C)

また、運搬に必要な費用は費用全体からみると低い結果となった。これは「運搬」工程は単純に車での移動時間を考慮して計算しているためである。実際には運搬と抜取は同一人物が行うので、実際の運搬にかかわる人件費は「運搬」+「抜取」工程にかかわる人件費となろう。

5.まとめ

本研究では業務用冷凍空調機器からのフロン回収・破壊システムを対象として、費用、環境負荷によるシステムの評価する手法の開発を行った。空調機器のフロンストック量分布に関しては地域における建物床面積の分布と床面積あたりのフロンストック量から推計する方法を示した。冷凍冷蔵機器のフロンストック量分布に関しては業態別小売事業所数の分布と業態別フロンストック量から推計する方法を示した。

フロンストック量分布より、任意の回収対象範囲におけるフロンストック分布が可視化され、域内でのフロンストック量が計算可能となる。これにより回収対象量や収集距離を考慮した地理的な回収システム構築の為の情報を得ることができる。費用及び環境負荷を比較することにより保管拠点の選定の指標となる情報が得られ、効率的なフロン回収・破壊システムの構築に寄与できることが期待される。

今後はより詳細な費用と環境負荷の予測をするために、業務用空調機器のフロンストック原単位に関する地域格差や、年間の機器廃棄量から年間に回収するフロン量、温暖化ガス排出削減対策の効果等についての検討が必要となる。

参考文献

- 1) 環境省, 経済産業省, 平成 14 年度のフロン回収破壊法に基づくフロン類の破壊量の推計結果, 平成 15 年 6 月
- 2) 浦野紘平, 木村ちづの, 冷媒用フロン回収再利用技術の現状と課題[II], 資源環境対策, Vol. 29, No. 15, pp.1441-1448, 1993
- 3) 花岡達也, 石谷久, 松橋隆治, 吉田好邦, 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, エネルギー・資源, Vol. 22, No. 1, pp.91-96, 2001
- 4) 東京都, 東京都フロン回収システム検討委員会報告書, 1994
- 5) 環境省地球環境局, 温室効果ガス削減技術シナリオ策定調査検討会報告書, 第一分冊 p.84, 2001
- 6) 日本冷凍冷蔵新聞社, 日本冷凍空調年鑑, pp. 53-120, 1998
- 7) 日本冷凍空調工業会, 冷媒の使用と回収可能量調査報告書, pp.57-98, 1993
- 8) 冷媒回収推進・技術センター, 冷媒回収技術, 28, 1998
- 9) 環境庁大気保全局, フロン回収の手引き, pp.3-5, 2000
- 10) 通商産業大臣官房調査統計部, 平成 9 年商業統計表第 2 巻産業編(都道府県表), 1998
- 11) 愛知県, 平成 9 年度刊愛知県統計年鑑, 1998
- 12) 日本冷凍空調工業会, 冷凍空調実務テキスト 冷凍空調の SI 単位, pp. 23-26, 1994
- 13) 日本冷凍空調工業会, 冷凍空調機器データブック, pp.48-51, 2000
- 14) ダイキン工業株式会社, 99 ダイキン設備用エアコン技術資料, 1998
- 15) ダイキン工業株式会社 ダイキン店舗・オフィスエアコン 《スカイエア》 総合カタログ
- 16) 建設物価調査会 建築統計年報平成 13 年度版, 2001
- 17) 通商産業調査会, 平成 9 年商業統計メッシュデータ, 1999
- 18) 環境庁大気保全局編, フロン回収・破壊モデル事業事例集, 1996
- 19) 環境庁国立環境研究所地球環境研究センター, 産業連関表による二酸化炭素排出源単位, 1997
- 20) 日本冷凍空調工業会 冷媒の使用と回収可能量調査報告書, 1993

Method to estimate cost and environmental load in fluorocarbon collect/destruction system from commercial refrigerator and air conditioner

Naohiro GOTO and Koichi Fujie, Toyohashi University of Technology

We developed a simple method to estimate cost and environmental load in fluorocarbon recovery/destruction system from commercial refrigerator and air conditioner. In order to estimate fluorocarbon collection process in detail, we also developed a method to get regional fluorocarbon distribution. Distribution of commercial air conditioner is estimated by distribution of building floor space. That of commercial refrigerator is done by distribution of number of retail trade shop. Results shows that cost of extraction, storage and destruction processes take most part of total cost compared with transportation cost.