

ごみの分別収集における エネルギー消費と効率に関する研究

城田久岳¹・康 穎²・浮田正夫³・関根雅彦⁴

¹正会員 宇部短期大学助教授 環境衛生学科 (〒755-8550 宇部市文京町5-40)

²学生会員 山口大学大学院理工学研究科 博士前期課程 (〒755-8611 宇部市常盤台2557)

³正会員 工博 山口大学教授 工学部社会建設工学科 (〒755-8611 宇部市常盤台2557)

⁴正会員 工博 山口大学助教授 工学部社会建設工学科 (〒755-8611 宇部市常盤台2557)

ごみ収集のエネルギー消費量をより詳細に評価するために、収集車の重量を考慮して解析を行った。運輸統計等を用いた解析から燃料消費率(Y)を、車重量(X)を説明変数とする指数式($Y = a \cdot X^b$)で表した。燃料消費指数(b)は貨物輸送の場合0.52となった。この指数値と燃料消費調査データを用い、収集行程を①往路②ステーションでの収集③復路の3行程に分けた解析から、往復の単純走行と、停車、積み込み、パッキング、発進を頻繁に繰り返す走行に対応する燃料消費係数(a_1, a_2)が求められた。これらの値を用いて、ごみの種類別のより正確な燃料消費量の推定が可能となった。収集時間に関する調査結果から、収集量あたりの所要時間で地域別に収集効率を比較したところ、郊外は市街地より約1.4倍劣っていた。

Key Words : refuse collection, energy consumption, cargo transportation, separate collection system

1. はじめに

平成12年4月から「容器包装リサイクル法」が完全施行された。厚生省のまとめ¹⁾によると、平成12年度に容器包装の分別収集を予定している市区町村数は、アルミ缶 3,151 (96.9%)、スチール缶 3,144 (96.7%)、無色ガラス 2,788 (85.7%)、茶色ガラス 2,801 (86.1%)、その他のガラス 2,747 (84.5%)、紙パック 2,187 (67.3%)、PETボトル 2,536 (78.0%) になっている。また、新たに同法の対象に加わった紙製容器包装 803 (24.7%)、プラスチック製容器包装 1,348 (41.5%)、段ボール 2,268 (69.7%) と見込まれており、急速にごみの分別収集化の波が広がっている。それに伴い、多くの市町村では従来の収集システムの大幅な見直しに迫られている。

同法の目的は資源の有効利用を図り、もってごみの減量化を促進しようとするものであるが、早計で安易な分別の細分化はごみの収集システムの錯綜化を招きかねない。そのため、ごみの分別収集化を予定している市町村では特定のモデル地域で計画の一部を試験的に行い、そこで得られたデータとこれまでの経験をもとに、全域に対する収集計画を策定した後に実施に移す場合が多い。しかし、モデル地域で得られたデータは農村部であるとか商店街であるといった多様な地域特性に対応できるような汎用性

を持っていないため、計画の多くの部分はこれまでの経験に頼っているのが現状である。このため、策定された計画が実際に効率的であるか、どのように改善すればもっと効率が図れるのかといったことも経験に頼らざるを得なく、収集効率の客観的な評価は非常に困難である。とりわけ非効率的な収集計画は、リサイクル本来の目的に反して過剰なエネルギー消費を招きかねない。

そこで、本研究ではエネルギー消費の視点からごみの収集システムの効率性を評価する方法や、ごみの種類の違いや地域差による収集特性について若干の知見を得たので報告する。

2. ごみの収集過程におけるエネルギー消費量に関する解析

科学技術庁が収集人口330万人程度のモデル施設を想定して行った家庭系ごみの処理・処分に関するライフサイクルエネルギーの試算²⁾によると、設備投入と運用を合わせた処理・処分投入エネルギー量は $67,473 \times 10^6$ kcal/年であった。その内訳は、じん芥収集・中継 71.7%、焼却・発電 -3.6%、灰搬出 10.0%、埋立・処分 21.8%で、収集や運搬過程に要するエネルギーの割合が大きく、ごみ処理・処分

表-1 自動車の重量と燃料消費率の関係^{4), 5), 6)}

		車両重量 kg	乗員・乗客 kg	貨物重量 kg	総重量 kg	燃料消費率 kcal/km
旅客	乗合バス	8,000	750	0	8,750	3,109
	貸切バス	9,335	1,667	0	11,002	2,946
	タクシー	1,300	100	0	1,400	1,133
	自家用バス	4,500	400	0	4,900	1,569
	自家用乗用	1,100	75	0	1,175	975
	自家用軽	650	50	0	700	720
貨物	営業用普通	6,845	50	3,429	10,324	2,594
	営業用小型	2,000	50	720	2,770	1,201
	営業用軽	800	50	144	994	808
	自家用普通	4,500	50	1,215	5,765	2,062
	自家用小型	1,500	50	324	1,874	994
	自家用軽	800	50	108	958	769

システム全体のエネルギー効率に大きく関わっている。ごみ発電を伴わない中小の施設においても若干割合が下がるものの5~6割程度の影響を持つのではないかと推測される。しかし、一般にこのような試算を行う場合、収集・運搬車のエネルギー消費量の推定には、実績から例えば³⁾2トン車 8.0 km/l、4トン車 5.5 km/l、10トン車 3.5 km/lといった燃費を用いることが多い。このような場合、車種や積載効率、走行速度などの違いにあわせて様々な燃費の値を用いないと正確にエネルギー消費量を算出することはできない。特に、車重量の変動は燃費に大きく影響すると考えられるが、これまでの試算例ではあまり考慮されることがなかった。この章では、ごみの収集過程におけるエネルギー消費量を、収集量を考慮してより正確に推定することを目的とし、まず、車重量 (kg) と燃料消費率 (kcal/km) の関係について解析を行った。

(1) 運輸統計等による輸送のエネルギー消費量

国内で旅客や貨物の輸送に用いられる自動車について、運輸統計等^{4), 5), 6)}から車種別に車重量と燃料消費率を求め(表-1)、両者の関係について検討を行った。なお、乗員の人数についても概数を設定し、一人当たり平均体重を50kgと仮定して車両重量に加算した。図-1および図-2に旅客輸送および貨物輸送について回帰式を求めた結果を示す。

図の中に示した線形回帰モデル式の y は燃料消費率 (kcal/km) の対数值、 x は車重量 (kg) の対数值である。Rは相関係数を表す。それぞれの式を指数式で表すと次のようになる。

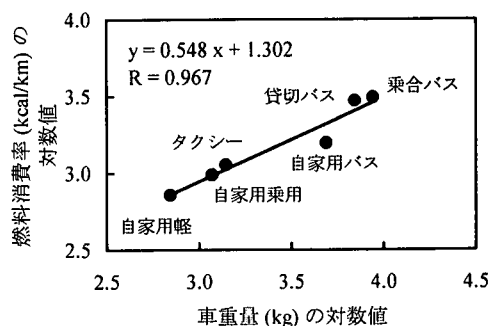


図-1 旅客自動車の重量と燃料消費率

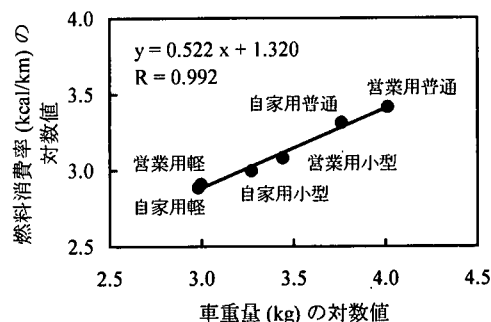


図-2 貨物自動車の重量と燃料消費率

$$\text{旅客自動車 } Y = 20.0 \cdot X^{0.548} \quad (1)$$

$$\text{貨物自動車 } Y = 20.9 \cdot X^{0.522} \quad (2)$$

ここで、 Y は燃料消費率 (kcal/km)、 X は車重量 (kg) である。両式を比較して、 X の係数および指数はよく似た値を示している。旅客自動車の指数が貨物自動車のそれに比べてやや高めであるのは、乗客の乗り降りのための停発進が影響していると考えられる。ごみの収集のように移動距離が短く、停発進の回数が多い場合なども高めになることが予想される。

以上のように、走行キロあたりの燃料消費量(燃料消費率)を車重量の関数によって表し得ると判断し、次の一般式を提案する。

$$Y = a \cdot X^b \quad (3)$$

ここで、 a は燃料消費係数、 b は燃料消費指数とし、以下の解析はこの式に基づいて行う。なお、エネルギー消費量 (kcal) は、次の式(4)によって求めることができる。

$$F = a \cdot X^b \cdot L \quad (4)$$

表-2 宇部市におけるごみ収集のエネルギー効率

	走行 距離 km/年	燃料 消費量 l/年	燃料 消費率 kcal/km	1台平均積載ごみ重量					車重量 計 kg/台	燃料 消費 指数	燃料 消費 係数
				埋立ごみ kg/台	不燃ごみ kg/台	資源ごみ kg/台	可燃ごみ kg/台	加重平均 kg/台			
平成5年度	462,280	108,740	2,164	1,243	0	0	1,917	1,800	7,550	0.52	20.8
平成6年度	468,930	111,834	2,194	1,223	0	0	1,932	1,826	7,563	0.52	21.1
平成7年度	470,790	115,839	2,264	366	839	928	1,953	1,752	7,526	0.52	21.8
平成8年度	459,930	116,354	2,327	516	757	976	1,947	1,734	7,517	0.52	22.5
平成9年度	452,470	112,033	2,278	570	872	1,001	1,967	1,771	7,533	0.52	22.0

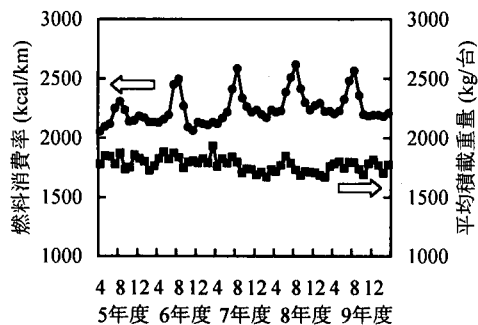


図-3 ごみ収集車の燃料消費率と平均積載重量

ここで、F は燃料消費量 (kcal)，L は移動距離 (km) である。

(2) ごみ収集におけるエネルギー消費量の経年変化

山口県宇部市（人口17万人）では、平成7年度からリサイクルプラザが稼働を始め、びんや缶などの資源ごみの分別収集がスタートした。また、平成9年度からはPETボトルの分別収集も始まっている。このように分別収集が進む過程で、ごみの収集におけるエネルギー効率がどのように変化してきたかについて分析を行った。分析に用いたデータは、市清掃局の管理記録から、月別の総走行キロ数および総燃料消費量、同じく月別のごみの収集総量および搬入車数の各値である。平成5年度から平成9年度までの各値を年度ごとにまとめて表-2に示す。なお、燃料のカロリー換算は軽油の 9,200 kcal/l を用いた。表-2から、走行距離は分別収集初年度の平成7年度まで増加の傾向にあったが、平成8年度以降減少に転じている。燃料消費量は分別収集2年目にあたる平成8年度まで増加傾向が続き、平成9年度になって減少に転じている。燃料消費率についても同様の傾向を示している。つまり、分別収集の進展が単純にエネル

ギー効率の低下に繋がるとはいえず、収集ルートの変更などがエネルギー効率に大きく影響しているものと考えられる。

さらに詳しくエネルギー効率への影響要因を探る目的で、平成5年度から平成9年度までの燃料消費率と平均積載重量の月別推移（図-3）を調べた。収集車1台あたりの平均積載重量は季節的に明確な特徴はみられず、びんや缶の分別収集が始まった年の平成7年7月から平成9年3月にかけて一旦減少した後、PETボトルの分別収集が始まった平成9年4月からは前年度よりやや高めの数値で推移している。この間、何度か収集ルートの変更があり、その影響が現れているものと考えられる。一方、燃料消費率の推移には明らかな季節変動が現れており、毎年7・8月を中心に他の月に比べて2割ほど高いピークがみられる。これは、この時期に冷房を利用するためと考えられる。そこで、冷房の使用期間を6月から9月までの4ヵ月間と考えて、毎月の走行距離が一定と仮定した場合の年間燃料消費量に占める冷房分の割合を計算すると、冷夏の年にあたる平成5年度が 1.5%、猛暑の年にあたる平成6年度が 3.6%、5年間の平均値が約3%であった。

貨物自動車の場合として得られた式(2)の結果から、燃料消費指数を 0.52 と仮定したときの各年度の燃料消費係数を式(3)より求め、表-2に併せて示す。計算に際して①行きの積載ゼロの状態は無視し、②行きと帰りがほぼ同じ距離を走行したとする仮定のもと、車重量 (X) にはごみ収集車の車両重量に平均積載ごみ重量の加重平均値を加えた車重量計を用い、燃料消費率 (Y) には全車両の年間燃料消費量を年間走行距離で除した燃料消費率を用いた。燃料消費係数は収集ステーション数やパッキングの有無や程度、積み込みのための停車時間などを反映した収集のエネルギー効率を表すものと考えられるが、表-2に示すようにごみ収集車においても式(2)の貨物自動車の場合の燃料消費係数とほぼ近い値が得られることが確認できた。

表-3 エネルギー消費分析調査の概要

ごみの種類	サンプル数 trip	ステーション数			移動距離			収集量			燃料消費量			使用車種
		平均値 個/trip	標準 偏差	変動 係数 %	平均値 km/trip	標準 偏差	変動 係数 %	平均値 t/trip	標準 偏差	変動 係数 %	平均値 l/trip	標準 偏差	変動 係数 %	
可燃ごみ	85	25.2	12.1	48	13.2	5.0	38	2.6	0.8	29	4.4	1.7	39	2tパッカー車 4tパッカー車
新聞・段ボール	16	22.1	16.9	76	16.5	7.1	43	1.9	1.0	49	5.7	2.7	48	4tパッカー車
缶・びん	12	15.2	3.7	24	10.6	3.7	35	0.7	0.2	30	5.1	1.4	27	4tパッカー車
PETボトル	34	25.4	10.8	43	21.1	8.5	40	0.2	0.1	56	5.7	2.8	49	3tパッカー車

表-4 燃料消費係数および燃料消費指数

ごみの種類	a ₁	a ₂	b
可燃ごみ	24.8	35.9	0.52
新聞・段ボール		35.2	
缶・びん		46.3	
PETボトル		42.7	

(3) 分別収集車両のエネルギー消費分析

一般に、ごみの収集計画は収集車両を単位として収集地域や収集するごみの種類が振り分けられるため、収集車両によってエネルギー効率は大きく異なることが予想される。そこで、一定の調査期間を設け、収集車両毎に1日の走行距離や収集ごみの種類と量、燃料補給量などを調査した。調査時期については、前節の結果から冷房を使用しない時期を選んだ。可燃ごみ、新聞・ダンボールおよび缶・びんについての調査は、平成10年12月14日から12月25日にかけて小野田市（人口5万人）で実施した。PETボトルについての調査は、平成10年12月15日から平成11年1月28日にかけて宇部市（人口17万人）で実施した。調査方法は、1トリップ（trip、収集車両が収集基地を出発してごみを収集し、再び収集基地に戻るまで）毎の発着時刻や距離計の読み、収集ごみの種類や量、巡回ステーション数、1日の燃料補給量などを記載する調査票をそれぞれの収集車両に配布し、用紙への記録をお願いした。調査結果はごみの種類毎に取りまとめ、以下の分析に供した。ごみの種類毎の調査サンプルの概要および使用車種を表-3に示す。

サンプルによって移動距離に大きな違いが見られることから、ごみの収集行程を①行き、②ステーションでの収集、③帰りの3行程に分け、式(4)を基に燃料消費量(kcal)を求める次のような式を提案し、調査データをあてはめて解析を行った。

$$F = a_1 \cdot (W_1 + W_2)^b \cdot L_1 + a_2 \cdot (W_1 + W_2 + W_3/2)^b \cdot L_2 + a_1 \cdot (W_1 + W_2 + W_3)^b \cdot L_3 \quad (5)$$

ここで、Fは燃料消費量(kcal)、W₁は車両重量(kg)、W₂は乗員の重量(kg、1人60kgと仮定)、W₃は収集ごみの重量(kg)、L₁は行き距離(km、収集基地から最初の収集ステーションまでの移動距離)、L₂は収集距離(km、最初の収集ステーションから最後の収集ステーションまでの移動距離)、L₃は帰り距離(km、最後の収集ステーションから収集基地までの移動距離)、a₁およびa₂は燃料消費係数、bは燃料消費指数である。

計算は表計算ソフトExcelのソルバー機能を用い、a₁ < a₂ ; a₁, a₂ > 0 ; b = 0.52 ; 各ごみのa₁は等しいとする制約条件でa₁およびa₂の最適解を求めた。a₁ < a₂の設定は、a₁が行きと帰りの単純走行であるのに対して、a₂は収集ステーション毎に停車・発進を繰り返す、パッキングにもエネルギーを余分に消費するためである。また、各ごみのa₁を等しくしているのは、単純走行ではごみの種類による違いはないと仮定したためである。計算結果を表-4に示す。

行きと帰りの単純走行の燃料消費係数a₁の最適解として24.8が得られた。ステーションを巡回して収集する行程の燃料消費係数a₂の最適解として、ごみの種類別に、可燃ごみ35.9、新聞・段ボール35.2、缶・びん46.3、PETボトル42.7がそれぞれ得られた。収集行程のa₂を単純走行のa₁と比較すると、収集するごみの種類によって1.4～1.9倍の開きがみられる。a₂とa₁の差は収集行程における発進、方向転換、停車中のアイドリング、パッキングなどによるエネルギー消費分と考えられ、収集するごみの種類によっても大きな違いがあることがわかる。

式(5)にこれらの係数値を適用すれば、計画段階の収集距離や原単位法による収集量などの予測値から、ごみの種類毎により正確な燃料消費量を推定することができる。ただし、燃料消費指数bについて、本

表-5 小野田市における分別収集状況

種類	収集頻度	収集曜日	ステーション	収集車両	
可燃ごみ	週1回	月・水・金	929	4tパッカー車	
不燃ごみ	月1回	火・水・木・	520	2tダンプ	
空きびん	月1回	金	520	2tダンプ	
資源ごみ	新聞・雑誌	月1回	火・木	520	2t・4tパッカー車
	段ボール				4tパッカー車
	空き缶類				4tパッカー車
	古着・布類				2tダンプ
	ビール・一				
	升びん				
紙パック					

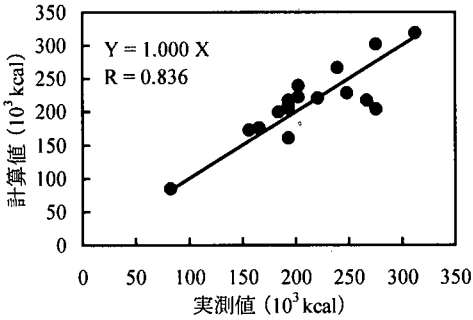


図-4 燃料消費量の実測値と計算値の対応 (可燃ごみ)

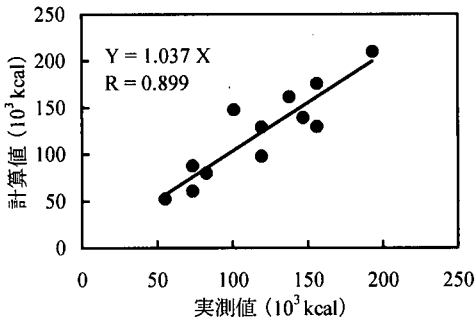


図-5 燃料消費量の実測値と計算値の対応 (PET ボトル)

表-6 収集時間および収集量

ごみの種類	サン プル trip	平均値			
		収集ステーション数 station /trip	収集時間 min/station	収集量 kg/trip	ステーションあたりごみ量 kg/station
可燃ごみ	13	28.7	2.87	2,173	84.2
不燃ごみ	4	11.3	3.81	456	38.0
段ボール	3	30.3	3.40	977	30.1
生きびん他	4	21.0	3.57	519	25.0
缶	2	17.0	4.51	673	40.0
空きびん	3	8.3	6.13	1,072	126.3

論文では統計で得られた0.52を用いたが、理論的根拠についてさらに検討が必要である。なお、それぞれのごみの種類について各数値の適合性を調べたが、その一例として、可燃ごみとPETボトルの場合について、1台の収集車が1日の収集にかかった燃料消費量の実測値と計算値の対応を図-4および図-5にそれぞれ示す。表中のXは実測値、Yは計算値、Rは相関係数を表す。

3. ごみの種類および地域差による収集の時間効率の違いに関する解析

ごみの収集に要するエネルギー量には車重量以外に、停車中のアイドリング、冷房の使用、ごみの積み下ろしのためのクレーン使用やパッキング、市街地での低速・低燃費走行、エンジンの消耗度など様々な要素が影響すると考えられる。このうち夏場の冷房の使用については、前章の解析よりエネルギー消費量が通常月の最大で約2割増であることがわかった。その他の影響要因については細かく分析することはやや困難であると思われる。そこで、包括

的に諸々の要因が反映されると考えられる「ごみの種類の違い」や「収集地域の違い」に着目して、主に収集の時間効率がどの程度異なるのかについて分析を行った。分析には山口県環境生活部廃棄物対策室が平成10年1月27日から2月19日にかけて小野田市（人口5万人）で行った調査データ⁷⁾を用いた。

小野田市は直営で全ての種類のごみをステーションで収集しており、分別収集状況および使用車両は表-5に示すとおりである。資源ごみのうち、段ボール、新聞・雑誌、缶はそれぞれ単独の車両で、古着・布類、ビールびん・一升びん、紙パックは同一の車両で午前・午後に分けて同じ日に収集している。調査結果を1トリップ毎に取りまとめ、収集時間や収集量の平均値を表-6に示す。

1ステーションあたりの収集時間は可燃ごみが2.87 minと最も短く、1トリップあたりの収集量も2,173 kgと最も大きいことから、相対的に可燃ごみの収集効率がきわめて高いことがわかる。逆に収集効率が低いものは、収集時間では空きびんの4.51 min、収集量では不燃ごみの456 kgであった。

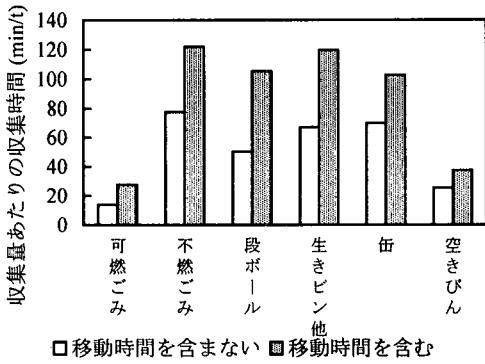


図-6 ごみの種類別収集効率 (収集量あたり)

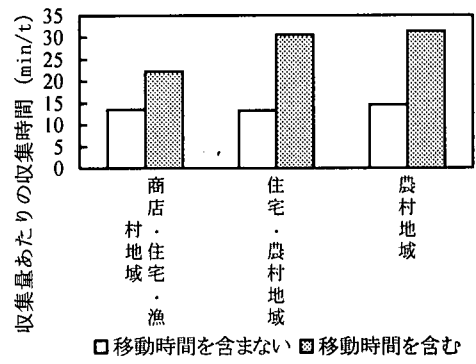


図-8 可燃ごみの地域別収集効率 (収集量あたり)

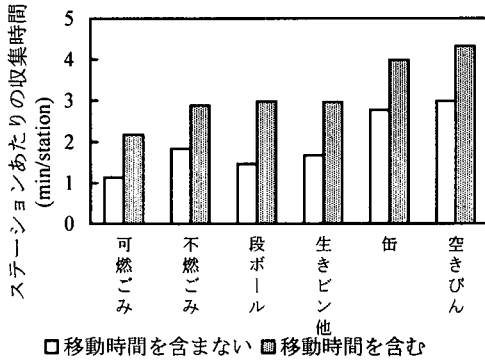


図-7 ごみの種類別収集効率 (ステーションあたり)

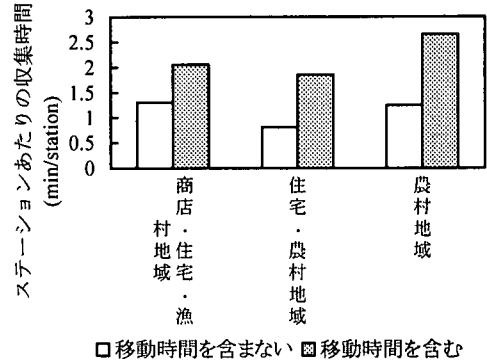


図-9 可燃ごみの地域別収集効率 (ステーションあたり)

(1) ごみの種類別収集時間効率

ごみの種類によってどの程度の手間が掛かるかを収集量あたりの収集時間、ステーションあたりの収集時間で比べてみた。それぞれ図-6、図-7に示す。なお、ここでの収集時間は、収集基地から最初のステーションまでの行き時間と最後のステーションから収集基地までの帰り時間を含まない正味の収集時間で、移動時間とはステーション間の移動にかかる時間を意味する。

ごみの収集計画を策定する場合、ステーションにどの位のごみが集まり、それを収集するのにどの位の時間が掛かるのかといったことは重要な要素である。図-6に示すように、ごみの種類によって収集時間は大きく異なる。それぞれの値を原単位として、各ステーションでの予想集積ごみ量から所要収集時間を求めることができる。

ステーションでの収集時間つまり停車時間は、交通障害を考えると短い方が良いが、短くするためにステーション数を増やしすぎると停車・積み込み・発車の操作が増え、かえって時間的収集効率が低下する。ステーションでの収集時間つまり停車時間の適正なレベルを知る必要があるが、それは長年の経

験が生かされているであろう可燃ごみの値が近いのではないかと考えられる。図-7で移動時間を含まない正味の収集時間は缶と空きびん以外は1.5 min程度である。一方、缶と空きびんは倍の3 minほどかかっているため、これらについてはステーション区分をもう少し細分化してステーションでの停車時間を短くする方が望ましいと考えられる。

(2) ごみの収集地域別収集時間効率

可燃ごみについて、実際の収集区域を商店・住宅・漁村地域、住宅・農村地域および農村地域の3つの地域に分類し、収集量あたりの収集時間、ステーションあたりの収集時間で比べてみた。それぞれ図-8、図-9に示す。収集量あたりの収集時間で、移動時間を含まない正味の収集時間については地域的な差は生じないはずで、図-8に示すように一律15 min/tであった。一方、移動時間を含む場合はステーションの密度(ステーションの集散度)が反映されるため、ステーションの密度が小さい農村地域ほど大きな値となっており、市街地に当たる商店・住宅・漁村地域と比べると約1.4倍の違いが見られた。移動時間を含まないステーションあたりの収集時

間は、ステーションに集まるごみの量（ごみの集中度）の影響を受ける。各地域のステーションあたりの可燃ごみの量は平均値で商店・住宅・漁村地域が100 kg, 住宅・農村地域が62 kg, 農村地域が87 kgである。図-9に示すように住宅・農村地域が最も小さく、傾向はよく一致している。

4. まとめ

エネルギー消費の視点からごみの収集システムの効率化を図る目的で、収集量を考慮してエネルギー消費量を正確に推定する方法を提案した。アイドリングやパッキングなどのような収集量以外のエネルギー消費要因については、ごみの種類や収集地域特性として括り、それぞれの特性について分析を行った。本研究で得られた結果を以下に要約する。

- 1) 運輸統計等から車重量(kg)と燃料消費率(kcal/km)の関係が指数式で表し得ることがわかった。
- 2) 宇部市におけるエネルギー消費量の経年変化から、分別収集の進展が単純にエネルギー効率の低下に繋がるとはいえず、収集ルートの改善などがエネルギー効率に大きく影響していることがわかった。
- 3) また、夏場のエネルギー消費量が冷房の使用によって通常の最大2割増になり、年間燃料消費量に占める冷房の割合が約3%になることがわかった。
- 4) ごみの収集行程を①行き、②ステーションでの収集、③帰りの3行程に分けた解析から、停車、積み込み、パッキング、発進を頻りに繰り返す複雑な走行に対応する燃料消費係数(a)が得られ、これを用いて、ごみの種類別により正確な燃料消費量の推定が可能となった。
- 5) 市街地のように頻りに停発車を繰り返す場合と郊

外のように主に長距離を移動する場合とでは、時間としての収集効率にかなりの違いがあることが判った。この地域的特性を燃料消費係数にどのように表すことができるかが今後の課題である。

謝辞: 本研究を行うにあたり、アンケートや聞き取りなどの調査にご協力頂いた宇部市環境保全センターならびに小野田市環境保全センターの方々に厚くお礼申し上げます。なお、データの収集・解析にあたっては、山口大学工学部学生(現、萩市役所)山本孝志氏の協力を得ました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 厚生省水道環境部リサイクル推進室(1999.9.24 とりまとめ):平成12年7月14日報道発表資料。
- 2) 科学技術庁資源調査会:家庭生活におけるエネルギー有効利用,大蔵省印刷局,1994。
- 3) 乙間末広,森保文,中條 寛,萩原一仁:PETボトル,PSPトレーのリサイクル代替案に関するエネルギー消費量の比較,エネルギー・資源,Vol. 17, No. 5, 1996。
- 4) 運輸省運輸政策局情報管理部:運輸関係エネルギー要覧(平成9年版),1998。
- 5) 自動車工業振興会:自動車ガイドブック(1996-1997),1996。
- 6) 物流研究会:モーダルシフト推進の手引き,大成出版社,1995。
- 7) 山口県環境生活部廃棄物対策室:リサイクルルート調査等に係わる報告書,1998。

(2000. 7. 30 受付)

ENERGY CONSUMPTION AND EFFICIENCY OF SEPARATE COLLECTION SYSTEM FOR MUNICIPAL SOLID WASTE

Hisatake SHIROTA, Kang EI, Masao UKITA and Masahiko SEKINE

The energy consumption for refuse collection was analyzed considering the weight of vehicles in order to evaluate in detail. Fuel consumption rate (Y) is expressed by an exponential equation ($Y=a X^b$) with the overall weight of vehicles (X), a fuel consumption factor (a) and a fuel consumption index (b). By using statistics of transportation and so forth, the value of (b) was arranged to be 0.52 for the case of cargo transportation. Using this value, and separating the collection process to (1) going-forth (2) picking-up (3) coming-back, the data of collection vehicles in Ube city was analyzed. The value of fuel consumption factor a_1 for simple run of (1) and (3) and the value of a_2 for (2) including compaction and frequent stop and start were obtained. By using these factors and equations, the fuel consumption rate for each category of refuse can be estimated precisely. The additional study on the refuse collection efficiency shows that collection time per unit weight of refuse in the suburban area was 1.4 times larger than in the urban area.