

一般廃棄物の収集運搬に関する生産性分析*

山本 雅資[†] 山崎 清[‡]

2007年11月8日

概要

循環型社会を支える各種法制度を検討する上で費用負担のあり方は重要な意味をもつ。しかしながら、わが国の一般廃棄物処理の費用構造に関する定量的な分析はほとんど存在しないことから、本稿では一般廃棄物の収集運搬費用の構造について実証分析を行った。既存研究では家庭ごみの総処理費用を分析するにあたり、その収集運搬費用と中間処理等の費用を分けずに分析していることが多いが、本稿では収集運搬費用を明示的に扱って分析したことが特徴となっている。その結果、収集運搬費用はそれ以外の費用に比べて高い規模の経済性をもつことが確認された。また、収集運搬について、その運営形態が費用にもたらす分析についても検討したところ、民間委託による効果はあるものの民間企業1社による独占は必ずしも費用を低下させないという結果を得た。これは既存研究に反する結果であり、規模の経済によるメリットを独占による非効率性が上回っていることを示唆するものである。

1 はじめに

西暦2000年は「循環型社会元年」と呼ばれている。これは、循環型社会形成推進基本法や資源有効利用促進法に加えて各種リサイクル法が制定され、現在の資源循環型社会を目指す政策の大枠がこの年に定められたためである。細田(2007)が指摘しているように逆有償による取引がほとんどである静脈経済においては、こうした法制度を核としたレジームがなければ、不適正処理や不法投棄を防ぐことは困難である。その意味でこれらの法制度が包括的に整備された意義は大きい。

その循環型社会元年から約7年が経過した。その間に3R政策という言葉は広く浸透し、リユースあるいはリサイクルについては確実に成果をあげてきた。その一方、細田(2006)が指摘しているようにリデュースについては十分な効果が得られていない。一般廃棄物、産業廃棄物ともに過去10年間にその総排出量はほとんど変化していないのである(表1参照)。また、最終処分場の逼迫も都市部を中心に深刻化しており、さらなる資源循環型社会の構築に向けた道程はまだ道半ばである。

高度化された現代社会が物流網の整備によって可能になったように、現代の大量廃棄社会を循環型社会へと導いていくためには、排出・発生抑制やリサイクルプラントの整備と

*本稿の作成にあって、環境省廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課の方々に一般廃棄物処理実態調査の実施方法やデータ定義についてご教示いただいた。記して謝意を表したい。当然のことながら、有り得るべき誤りはすべて筆者に帰するものである。

[†]慶應義塾大学グローバルセキュリティ研究所 研究助教, Email: yamamoto@gs.econ.keio.ac.jp

[‡]株式会社 価値総合研究所経済社会政策グループ 社会基盤・政策評価担当

表 1: 一般廃棄物の排出状況の変化

	平成 11	平成 12	平成 13	平成 14	平成 15	平成 16	平成 17
ごみ排出量(人日)	100.0	101.9	101.2	100.0	99.5	97.7	101.8
直接最終処分量	100.0	89.5	79.7	64.7	54.1	51.5	41.8
リサイクル率	100.0	109.2	114.5	121.4	128.2	134.4	145.0

出所：環境省 (2007)

注：平成 11 年度を 100 と基準化している。

いった「点の整備」に加えて、静脈物流網の整備という「ネットワークの整備」が不可欠である。すなわち、優れた循環型社会の構築には使用済み製品をスムーズに輸送するための物流システムの構築が不可欠であるが、この点はこれまでの研究であまり注目されてこなかった。

そこで本稿では一般廃棄物の物流を担う「収集・運搬」に焦点を絞り、その構造・特徴を明らかにするとともに、費用的側面からみた政策的含意を導くことを目的とする。本稿の構成は以下のとおりである。まず、次節では先行研究の整理と本稿の位置づけを明らかにし、費用面から収集運搬の問題を分析する意義を述べる。続く第 3 節では、本稿で用いたデータについて概説し、基本モデルの推定結果を吟味する。第 4 節では、第 3 節の推定結果から得られる政策的な示唆のうち、主として規模の経済性と運営形態の観点から分析を行う。最後の第 5 節にて全体のまとめと今後の課題について触れる。

2 先行研究の整理と本稿の位置づけ

2.1 費用面からの分析の必要性

我が国の一般廃棄物に関する定量的な分析は、Suwa and Usui(2007) に代表されるようにその量的な側面に注目したものがほとんどである。こうした研究は、循環型社会構築に向けた基本的理念である「3 R 政策」の効果をはかることを目的としており、リサイクル関連の法制度等の導入が一般廃棄物の排出量にどのような変化をもたらすかを検討していることが多い。

もちろん、廃棄物の量的な側面は極めて重要な観点であるが、いかに静脈経済といえども経済的な側面を無視することはできない。その必要性は、一般廃棄物の処理責任を担う地方公共団体において、経済的インセンティブである「ごみ有料化」政策を導入する団体が増えていることからもうかがえる¹。

このごみ有料化において定められた料金はごみ処理費用の全てをサービスの利用者である市民に転嫁するというものではない。実際、山谷 (2007) によれば有料化している自治体のうち、比較的高い金額を課しているところでも 40 リットルのごみ袋を 80 円程度販売しているにすぎないが、平成 17 年度の一般廃棄物処理において実際にかかった総処理費用は 36.3 円/キロである²。このように、実際には家計に課される料金よりもはるかに高い処理費用がかかっているのであり、ごみ有料化はごみ処理サービスを提供する費用を賄っ

¹ ごみ有料化政策の導入効果は山谷 (2007) に詳しくまとめられている。それによれば、ごみ有料化は関連する施策とのパッケージとしてとらえれば、全体としてごみ減量化に貢献している。

² 環境省 (2007) のプレスリリースに基づいて計算した。

てもらおうとするものではなく、そのサービスを利用する家計に対して、排出行動を変化させるインセンティブを付与するものなのである。よって、ごみ有料化に関する研究はごみ処理サービスの需要側の経済的側面を分析したものであるといえる。こうした需要側の研究としては、我が国の例では前述の Suwa and Usui(2007) に加えて、笹尾 (2000) や碓井 (2003) などが、海外の例としては Sigman(1996) や Kinnaman and Fullerton(2000) などがあり、さかんに研究が行われている。

これに対して、我が国のゴミ処理サービスの供給費用、すなわち地方自治体の一般廃棄物処理の費用についての研究はほとんどなされていないのが現状である。具体的には、パラメトリックな分析に限るとすれば、筆者の知る範囲では碓井 (2007) のみである³。その一方、海外には供給側の費用を研究した既存研究は多数存在する。その嚆矢といえる研究は Hirsch(1965) であり、より近年の研究成果としては、Dubin and Navarro(1988) や Callan et al. (2001) がある。地方財政の現状を鑑みれば、ゴミ処理サービスを提供する地方公共団体にとって、どのような場合に増加(減少)する傾向にあるかといった費用構造を明らかにしていくことは大いに意味があると考えられる。また、細田 (2007) が指摘するように、今後のリサイクル制度のあり方を考える上で公平な費用負担を盛り込むことは制度維持の上で極めて重要な意味をもっているが、ファクトファインディングとして廃棄物処理の費用構造を解明していくことはそのための第一歩である。

しかし、処理費用が実際に処理される廃棄物の量によってほぼ規定されてしまうとすれば、費用の側面を分析する意義は小さい。そこで、環境省 (2007) のデータに基づいて一般廃棄物の処理量とその費用についての相関関係を分析した⁴。表 2 は、一般廃棄物の総排出量と費用データに関するピアソンの積率相関係数を計算した結果をまとめたものである。これをみると(総)処理費用⁵とごみ総排出量には 0.975 という非常に強い相関関係があることがわかる。しかしながら、処理量当たりにして計算してみると、相関係数は -0.023 となり、ほとんど無関係であることがわかる。表 2 の t 値は「相関係数がゼロではない」という帰無仮説に対して計算されたものであるが、 p 値が 0.32 となっており、有意水準 10% でも棄却できないことがわかる。

表 2: ごみ総排出量に対するピアソンの積率相関係数

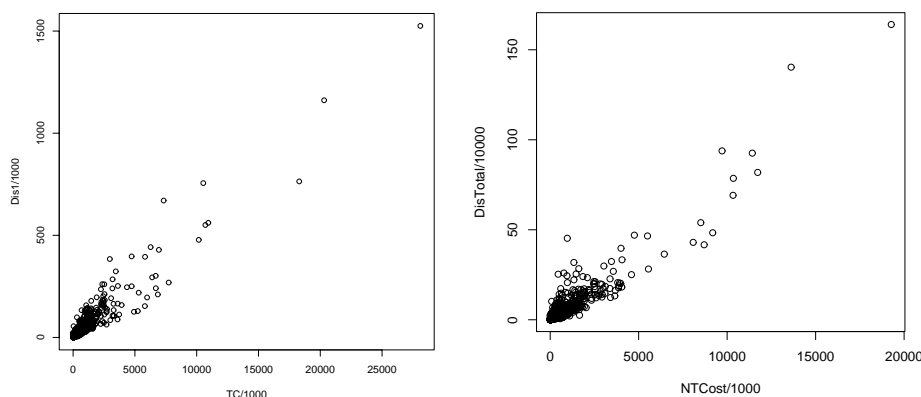
	相関係数	t 値	自由度	p 値
処理費用	0.9750	187.02	1,841	0.000
トン当たり処理費用	-0.0230	-0.987	1,841	0.324
収集運搬費用	0.9523	133.89	1,841	0.000
トン当たり収集運搬費用	-0.1248	-5.3974	1,841	0.000
その他費用	0.9388	116.2	1,833	0.000
トン当たりその他費用	-0.013	-0.559	1,833	0.576

³ ノンパラメトリックな分析に分類される DEA を用いた研究としては、川本・井村・森杉 (2005) や根本・尾関 (2006) などがある。

⁴ 使用したデータは環境省 (2007) 『一般廃棄物処理事業実態調査』であり、市区町村単位で計算した。

⁵ ここでいう(総)処理費用には施設の建設費用は含まれていないことに注意されたい。

次に「収集運搬費用」の相関係数をみてる．ここでいう収集運搬費用とは、処理費用の総計から委託費等も含めて収集運搬にかかった費用のみを取り出したものである⁶．図1で明らかのように総費用で見ると（総処理費用の場合と同様に）高い相関関係があるものの、処理量あたりでは相関係数が0.1248となり、ほとんど相関がないことがわかる．なお、ここでいう処理量とは「計画収集量」であり、これは「ごみ総排出量」から「直接搬入量+集団回収量」を除いたものである．次に「その他費用」⁷と収集量の関係を見ると、前2項目と同様に処理量あたりでの相関係数は-0.013と非常に低くなっている．



注1：いずれも縦軸が収集量，横軸が対応する費用となっている．

図1：収集運搬費用（左）とその他費用（右）の収集量との関係

循環型社会形成推進基本法に基づき策定された「循環型社会形成推進基本計画」はその進捗状況を適宜報告する義務を負っている．その中で報告される一般廃棄物に関する指標に「一人当たり排出量の変化」があり、単位あたりの指標が重視されている．表2の結果から総排出量と「一人当たり排出量」の間の相関関係は極めて弱いことが推察される．3R政策において中核となる循環型社会形成基本法に掲げられた政策目標を確実に遂行するためにも、このような供給側の単位あたり費用構造を明らかにすることは重要であろう．

2.2 収集運搬費用に関する分析の有用性

先行研究において取り組まれている課題の一つが廃棄物処理事業に規模の経済性が存在するかどうかという点を明らかにすることである．表3はこれまでの代表的な結果を整理したものである．これをみると、Stevens(1978)らの規模の経済性が存在するという研究と、Hirsch(1965)らの存在しないという結論の双方があり、その実証的判断は二つに分かれている．

このように推計結果にばらつきがある理由は、既存研究において、収集運搬費用とそれ以外の費用（＝中間処理や最終処分⁶の費用）を分けずに、廃棄物処理費用としてまとめて

⁶ただし車両等購入費は含めていない．

⁷「その他費用」とは（総）処理費用から収集運搬費用を除いたものである．

表 3: 規模の経済に関する既存研究の結果

	費用の範囲	被説明変数	規模の経済の有無
碓井 (2007) 全市区町村	すべて	総費用	規模の経済あり
Callan et. al (2001) マサチューセッツ州 110 都市	すべて	総費用	規模の経済なし (密度の経済あり)
Dubin and Navarro (1988) 米国内の 261 都市	収集運搬のみ	平均費用	- 密度の経済あり
Stevens(1978) 米国内の 340 都市	収集運搬のみ	総費用	規模の経済あり (人口 5 万人以下のみ)
Hirsch(1965) セントルイス周辺 25 都市	収集運搬のみ	平均費用	規模の経済なし

分析したためと考えられる。周知のように装置産業である中間処理や最終処分と、ネットワーク型産業である静脈物流（収集運搬）はその特徴が大きく異なる。この二つの大きく異なる産業形態をもつものを合わせてしまうことは、それぞれの特徴を相殺してしまう可能性がある。既存研究では廃棄物処理とリサイクルの費用をわけて扱うものがいくつか存在するが、「廃棄する使用済み製品とリサイクル使用済み製品を収集運搬する場合の差異」と「収集運搬業と廃棄物処理業の間の差異」では後者の方が圧倒的に大きいものと考えられる。よって、本稿では収集運搬費用と処理費用を分けて扱い、それを比較することによってそれぞれの特徴を捉えていく。

3 モデル構造と推計結果

3.1 使用したデータ

前述のように本研究において使用した一般廃棄物に関するデータは、すべて環境省 (2007) による⁸。藤井 (2007) が指摘するように、環境省 (2007) に示されている費用データは、地方自治体における単年度の現金主義会計に基づく記録であるから、償却などを考慮しておらず「真のデータ」とは呼べないものである。この点については環境省が 2007 年 6 月に公表した「一般廃棄物会計基準」に基づいたデータがより適切であるが、これは今後整備が進められるデータであり現段階では利用可能ではない。また、地方自治体に固有の一般廃棄物処理以外の事務も原則として現金主義会計で記録されていることを考えれば、比較可能性の観点からも環境省 (2007) のデータを使って費用構造の分析を行うことには一定の意味があると考えられる。

なお、環境省 (2007) における最新データは平成 17 年度のものであることから、本稿の分析対象は平成 17 年度のクロスセクションデータとした。また、一般廃棄物以外の社会経済データは総務省 (2007) を利用した。使用したデータの説明および基本統計量は表 4 の通りである。

⁸このデータは、http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/index.html からダウンロード可能である。本稿のデータベースもこの WEB からダウンロードして作成した。また、東京 23 区の収集量に関するデータについては環境省 (2007) に掲載されていないことから、特別区自治情報・交流センターの統計情報システムからダウンロードし (<http://www.research.tokyo-23city.or.jp/>)、必要な集計を施している。

表 4: 使用したデータの基本統計量と定義

	平均	標準偏差	説明
廃棄物関連データ			
TotalCost	792,925.61	2,240,776.07	一般廃棄物の処理に要した総費用 (単位: 千円)
TC	416,752.18	1,261,984.79	総費用のうち, 収集運搬に要した費用 (ただし, 車両費を除く)
NTCost	376,173.43	1,069,130.07	その他費用 (総費用から収集運搬費用を除いた部分)
TCDis1	22.56	14.87	トン当たり収集運搬費用 (単位: 千円/トン)
NTCostDisTotal	17.49	124.99	トン当たり収集運搬費用 (単位: 千円/トン)
Dis1	24,235.51	70,245.53	計画収集量 (単位: トン)
DisTotal	28,623.36	82,107.37	総排出量 (計画収集量+直接搬入量+集回収量)
VolOfLF	3,985.00	14,058.44	最終処分量 (直接最終処分量+焼却残渣量+中間処理施設の残渣量)
AtEachHome	0.08	0.27	各戸回収の場合に1となるダミー変数
NumOfColec	10.47	3.10	可燃ゴミと不燃ゴミの収集回数 (単位: 回/月)
OnePrivateOnly	0.17	0.38	委託先企業が一社の場合に1となるダミー変数
Mixed	0.64	0.48	直営と委託経営が混合している場合に1となるダミー変数
Charge1	0.53	0.50	可燃ゴミ回収が有料化されている場合に1となるダミー変数
Bun	11.5	4.63	分別の数
Burn	0.31	0.46	当該自治体に焼却炉が立地している場合に1となるダミー変数
Landfill	0.44	0.50	当該自治体に最終処分場が立地している場合に1となるダミー変数
PerWorkerT	10.61	61.51	人口一万人あたりの一般廃棄物処理に従事する職員の数
PerWorker1	1.24	2.83	人口一万人あたりの収集運搬に従事する職員の数
RecR	21.87	13.38	リサイクル率
AnyKumiai	0.83	0.38	当該自治体が1つでも組合に属している場合に1となるダミー変数
社会経済データ			
Pop	69,330.74	175,458.47	総人口 (単位: 人)
PerDID	0.24	0.34	総人口に占める DID 人口の割合
AveHH	2.85	0.39	平均世帯人員 (単位: 人)
PerThirdO	0.04	0.03	一人あたり3次産業事業所数
PerTG	1.13	0.34	一人あたり課税対象所得 (単位: 百万円)
PerToOther	0.19	0.09	他市区町村への通勤者割合
LargeCity	0.22	0.41	3大都市圏内の自治体, 政令指定都市であれば1となるダミー変数
RatioEOHH	0.20	0.08	単身高齢世帯の占める割合
Tarea	201.69	238.66	当該自治体の総面積

表 4 に掲載したもののうち、代表的なものの分布をみると以下ようになる。

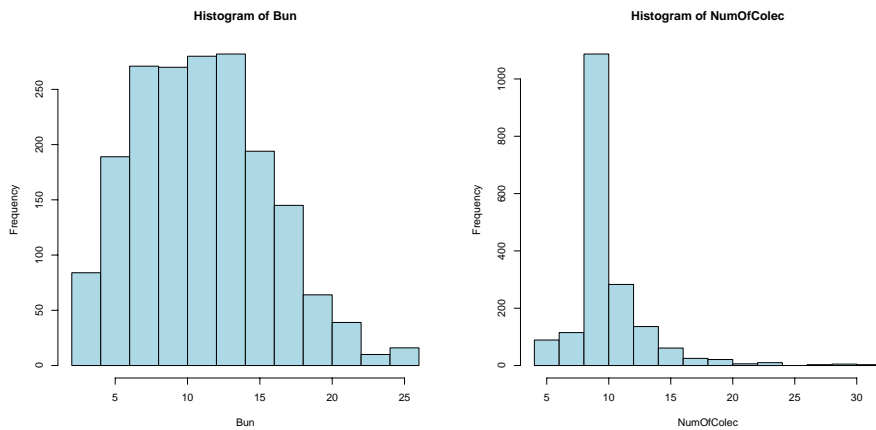


図 2: 分別数のヒストグラム (左) と可燃ゴミと不燃ごみの収集回数 (単位: 回/月)

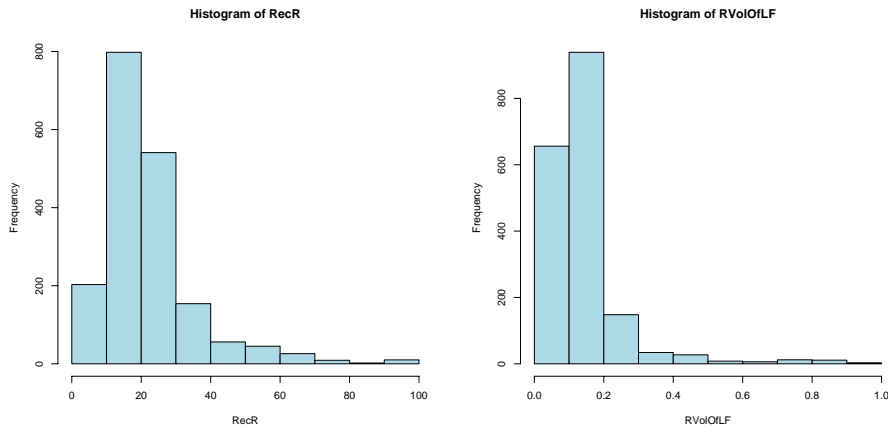


図 3: 自治体別のリサイクル率 (左) と最終処分率 (右) のヒストグラム

前節でも述べたように、総処理費用は収集運搬費用とその他費用の合計であるが、地方公共団体の平均総処理費用は約 7.9 億円でそのうち約 5 割にあたる 4.1 億円が収集運搬にかかる費用となっている。なお、収集運搬費用には人件費の当該部分は含んでいるが、車両等購入費は含んでいない。これは収集運搬費用をフローの費用として定義したかったためである。また、総排出量は「計画収集量+直接搬入量+集団回収量」であるが、このうち行政が収集運搬の費用をかけて集めるものは計画収集量のみとした。

モデルの被説明変数は収集運搬費用あるいはその他費用であるが、これらを処理量当たり費用として定義している。すなわち、収集運搬費用であれば、地方公共団体の総収集運搬費用を計画収集運搬量で除したものを、その他費用であれば総処理量で除したものをそ

それぞれの被説明変数として使用している。また、一部事務組合に参加している自治体については、その組合分担金を当該自治体の費用に追加することで、全ての費用を1,844の自治体に割り振っている。

3.2 多重共線性のチェック

表4の説明変数はその数が多く、多重共線性の問題が疑われるため、分散拡大係数を用いたチェックを行った。表5は被説明変数を除いた各変数についての分散拡大係数(VIF)を示している。分散拡大係数は、 $VIF = \frac{1}{(1-R_k^2)}$ と定義される。ただし、 R_k^2 は当該変数を他の k 個の説明変数を全て使って回帰した場合の決定係数を意味する。

このVIFが十分に小さい場合、説明変数同士の相関がないとみなすことができ、多重共線性の問題を回避できていると解釈することができる。その基準は必ずしも定まっていなが、VIFが10を上回る場合は多重共線性が強く疑われ、3を下回っていれば十分に小さいとされることが多い。表5をみるとほぼすべての変数について3を下回っており、多重共線性の問題は回避できていると考えられる。

表5: 分析に使用した説明変数の分散拡大係数

変数名	Tolerance	VIF	変数名	Tolerance	VIF
AnyKumiai	0.6861	1.4576	OnePrivateOnly	0.4815	2.0766
AtEachHome	0.8929	1.1199	PerDID	0.4147	2.4116
AveHH	0.3339	2.9946	PerTG	0.2874	3.4791
Bun	0.8666	1.1539	PerThirdO	0.6143	1.6279
Burn	0.5781	1.7298	PerToOther	0.3200	3.1254
Charge1	0.9058	1.1040	PerWorkerT	0.9278	1.0779
Dis1	0.7394	1.3524	PerWorker1	0.6073	1.6466
Landfill	0.6847	1.4605	RatioEOHH	0.3302	3.0289
LargeCity	0.5818	1.7188	RecR	0.8388	1.1922
Mixed	0.4454	2.2451	RVolOfLF	0.8014	1.2478
NumOfColec	0.9350	1.0695	Tarea	0.6240	1.6027

3.3 収集運搬費用の推計結果

前節のデータに基づいて、一般廃棄物の平均収集運搬費用(= $TCDis1_j$)を被説明変数とした最小二乗法による回帰分析を行った⁹。

$$\log(TCDis1_j) = \sum_i^k \beta_i \log(x_{ij}) + \sum_{m=k+1}^K \beta_m d_{mj} + \epsilon_j \quad (1)$$

⁹推定に用いたソフトウェアは、R ver.2.4.1である。

ただし, x_{ij} は第 j 番目のサンプルにおける第 i 番目の (ダミー変数以外の) 説明変数, d_{mj} は第 j 番目のサンプルにおける第 m 番目のダミー変数, β_i は推計するパラメータである. また, 被説明変数の $TCDis1_j$ は第 j 番目の収集運搬費用 (TC_j) を計画収集量 ($Dis1_j$) で割ったもの, すなわち, トン当たりの収集運搬に要する平均費用である.

この平均費用に対して最小二乗法を適用した結果が, 表 6 である.

表 6: 収集運搬費用の OLS 推定結果 (log-log model, 被説明変数: 平均費用)

	Estimate	Std. Error	t value	sig.	White's	sig.
(Intercept)	5.2422	0.1957	26.7816	***	20.0891	***
log(Dis1)	-0.1141	0.0136	-8.3615	***	-7.9896	***
log(PerDis1)	-1.2285	0.1181	-10.4010	***	-5.7471	***
AtEachHome	0.2517	0.0425	5.9217	***	6.0407	***
NumOfColec	-0.0039	0.0036	-1.0829		-0.8697	
PrivateOnly	-0.0784	0.0403	-1.9438	*	-2.0253	**
OnePrivateOnly	0.1072	0.0508	2.1109	**	2.1923	**
Mixed	0.0445	0.0419	1.0631		1.1595	
log(Tarea)	0.0247	0.0123	1.9991	**	1.7807	**
log(PerThirdO)	0.0858	0.0424	2.0215	**	1.5662	*
log(PerDID)	-0.0025	0.0014	-1.8117	*	-1.8524	**
log(AveHH)	-0.2576	0.1243	-2.0722	**	-2.0357	**
Charge1	0.1043	0.0227	4.5893	***	4.6642	***
log(Bun)	-0.0050	0.0024	-2.0613	**	-2.0207	**
Burn	-0.3361	0.0306	-11.0009	***	-10.4175	***
Landfill	-0.1056	0.0256	-4.1180	***	-4.0956	***
log(PerTG)	0.4723	0.0673	7.0170	***	6.2952	***
log(PerWorker1)	0.0070	0.0014	5.1791	***	5.0606	***
AnyKumiai	0.2649	0.0347	7.6393	***	7.2071	***
log(RecR)	-0.0045	0.0055	-0.8107		-0.7610	
LargeCity	0.2533	0.0329	7.7058	***	7.9580	***
log(PerToOther)	0.0213	0.0076	2.8106	**	1.4235	*
log(RatioEOHH)	0.2926	0.0525	5.5774	***	4.9887	***
$R^2 = 0.433$	DF=1,803					
F statistic =64.3						
Significance level	10% : *	5% : **	1% : ***			

これをみると, 推計結果の符号条件はほぼ仮説に合致するものとなった. まず, 排出の規模を表す $Dis1$ あるいは一人当たり排出量である $PerDis1$ の符号はいずれもマイナスとなった. これは収集運搬事業が規模の経済性をもつことを含意するが, この点の詳細については次節で詳しく述べることにする. また, $PrivateOnly$ とは収集運搬業務に直営 (=

公営)の組織が関わっておらず、すべて委託された企業が実施している場合を意味する。この *PrivateOnly* の符号はマイナスとなっており、民間企業が行う場合の方が費用が小さくなる傾向にあることが示された。しかしながら、1社だけが独占的に行っている場合 (*OnePrivateOnly* の場合) は符号がプラスになっており費用が大きくなる。この点は既存研究とは若干異なる点であるが、これについてもその詳細は次節で検討する。

次に最終的な運搬先に立地についてみると、自地域内に焼却施設があるか (*Burn*)、あるいは最終処分場があるか (*Landfill*) という変数については予想通り、自地域にある場合には大きく費用がマイナスとなることが明らかになった。建設費用及び処理に関する費用は除いてあるので、輸送距離が直接影響することを考えれば素直な結果であるといえる。また、*PerDID* は自地域内の DID 人口の比率を *AveHH* は世帯内平均人員を意味するが、これら2つの世帯の密度を表す指標についても仮説通りマイナスの符号となった。人口当たりの DID 人口割合と平均世帯人員は相関が高いことが懸念されたが、実際に相関係数を計算したところ-0.3426 となり、それほど高いものではないことが確認された。

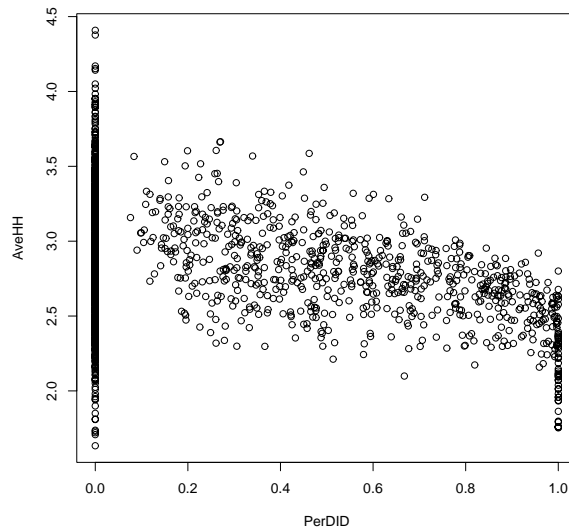


図 4: 人口当たり DID 人口の割合と平均世帯人員の相関関係

収集運搬については、家計の密度以外にも道路容量の限界から発生する交通混雑のような「密度」も影響するものと考えられる。特に都心の密集市街地ではパッカー車が侵入することができず、人が車を降りて路地から大通りまで排出されたごみを収集に行くという例もみられる。このような交通の密度を表す指標として適切なものを得ることができなかつたため、ここでは当該自治体が政令指定都市であるかあるいは3大都市圏(首都圏+大阪府+愛知県)に立地している場合に1をとるダミー変数 (= *LargeCity*) を導入することで「交通の密度」の代理変数とすることにした。その結果をみると、有意水準1%で正の係数となった。すなわち、交通混雑の予想される地域においては、収集運搬費用が高くなることが示されたのである。

一方で当初の仮説に反する結果としては、可燃ゴミ有料化ダミー (*Charge1*) がある。有料化は市民の意識を高め、収集コストの逡減に貢献するものと考えていたが、符号はプラスとなった。この理由としては有料化によってゴミ袋のチェックや不法投棄に対する対策 (ステッカーの貼り付け等) といった手間が増えたことがあげられるかもしれない。また、費用増加の要因と考えていた (可燃ゴミ + 資源ごみの) 収集回数 (*NumOfColec*) 及びリサイクル率 (*RecR*) についても符号がマイナスとなった (図 5 から明確な関係性はみとれない)。

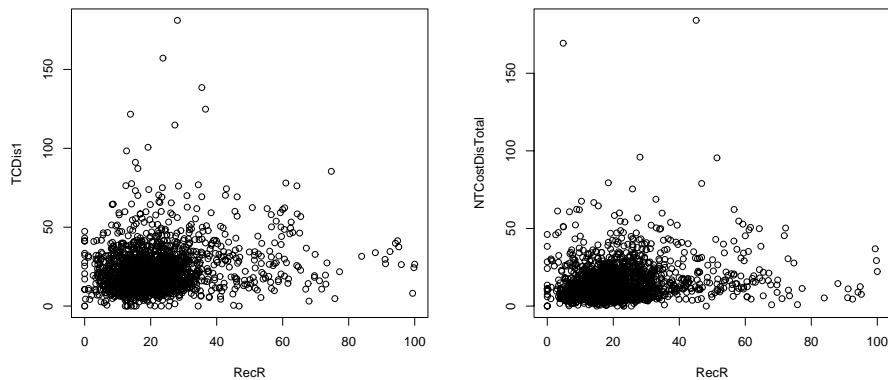


図 5: リサイクル率と一人あたりの収集運搬費用 (左) 及びその他費用 (右) の相関関係

これらはいずれも有意となっていないが、このうち *NumOfColec* については Porter (1998) などの先行研究でも費用は収集回収に敏感ではないことが報告されており、既存研究と整合的な結果となった。これは輸送密度の費用への影響が不明瞭であることを意味する。

結果 1. 世帯密度 (交通の密度) については密度の経済 (不経済) が存在する。しかし、輸送密度については必ずしも密度の不経済があるとはいえない。

次にモデル全体の指標をみると、修正済み決定係数が 0.433 であり、F テストも帰無仮説が有意水準 1% で棄却できており、概ね良好な結果を得ている。しかし、不均一分散に関する Breusch-Pagan テストを行ったところ、帰無仮説は有意水準 1% で棄却され、均一分散であることが疑われる。

そこで、White's heteroskedasticity-robust *t* statistic を計算したものを表 6 に加えた¹⁰。その結果を通常の *t* 値での結果と比較すると、第 3 次産業の事業所比率を示す *PerThridO* と昼間人口の比率を示す *PerToOther* が 5% から 10% に有意水準を下げたものの、通常の *t* 値で (有意 10% 以下で) 有意であった変数のうち、ホワイト修正の結果、有意でなくなった変数は存在しない。よって、表 6 の推定結果はロバストであるといえる。

¹⁰ 推定には、R ver. 2.4.1 の *car* パッケージを用いた。

3.4 収集運搬費用とその他費用の比較

前節の収集運搬費用に関する回帰分析の結果、収集運搬費用の増加にどのような要因が影響しているかが明らかになった。この結果から様々な指摘が可能であろうが、その政策的含意の検討は次節で行うものとし、本節ではさらなる比較のために収集運搬費用に加えて、中間処理費や最終処分費など「その他費用」の分析を行う。前節でも述べたように「その他費用」とは収集運搬費用を除いたものであり、

$$(総) 廃棄物処理費用 = 収集運搬費用 + その他費用 \quad (2)$$

という関係にある。

3.4.1 SUR モデル

OLS モデルが最良線型不偏推定量 (Best Linear Unbiased Estimator: BLUE) であるための仮定の一つが誤差項が均一に分散しているというものである。しかしながら、本稿が取り扱う同一自治体の収集運搬費用とその他費用をそれぞれ推計する場合には、分析者が観察することができない共通の要因が存在する（例えば自治体固有の環境意識の高さや地理的風土的要因等）と考えられ、それは結果として誤差項の不均一分散として現れる。

このような場合には OLS による推定結果は効率性を損なうため、より効率的な推計を行うために SUR (Seemingly Unrelated Regression) モデルが用いられることが多い。誤差項間の相関が大きければ大きいほど、OLS ではなく SUR を用いることによる効率性の増分は大きくなることが知られている¹¹。

3.4.2 推計結果とその解釈

本稿の SUR モデルは、これまでの収集運搬費用 (TC) を計画収集量 $Dis1$ で割った平均収集運搬費用を被説明変数とした回帰式に「その他費用」($NTCost$) を「総収集量」($DisTotal$) で割った「平均その他費用」($NTCostDisTotal$) を被説明変数とした回帰式を加えてシステム推定したものである。「その他費用」のモデルも (1) 式と同様に log-log モデル (ダミー変数を除く) として定義した。

SUR モデルの実行結果は以下の表 7 のとおりである¹²。このうち、その他費用についてみると、まず分別の数 (Bun) が有意とならなかった。分別の数が多いほど、焼却処理などその後の工程で手間がかからないとの考えから、マイナスの符号で想定していたが、結果としてプラスの符号かつ有意水準 10% でも棄却できなかった。この理由としては、収集運搬の段階でその効果が吸収されている可能性があることが考えられる。実際、収集段階の分別数は有意である。

¹¹ SUR モデルの詳細は、Greene(2000)Chapter 15 を参照されたい。

¹² 推定には、R ver. 2.4.1 の systemfit パッケージを用いた。なお、systemfit パッケージは反復 SUR 推定量を採用しているため、

$$\sqrt{\frac{\sum_i (\hat{\beta}_{i,t} - \hat{\beta}_{i,t-1})^2}{\sum_i \hat{\beta}_{i,t-1}^2}} < 0.00001 \quad (3)$$

を満たすまで計算が繰り返される。ここで $\hat{\beta}_{i,t-1}$ は $t-1$ 期の i 番目の推定値を意味する。

表 7: SUR モデルによる推定結果 (log-log model, 被説明変数: 平均費用)

	Estimate	Std. Error	t value	Estimate	Std. Error	t value
	その他費用			収集運搬費用		
(Intercept)	3.7453	0.2887	12.9718	4.4361	0.2851	15.5620
log(DisTotal)	-0.1701	0.0135	-12.6389	-	-	-
log(PerDisTotal)	-0.4246	0.0632	-6.7226	-	-	-
log(Dis1)	-	-	-	-0.1107	0.0140	-7.9053
log(PerDis1)	-	-	-	-1.2158	0.1182	-10.2877
NumOfColec	0.0058	0.0046	1.2469	-0.0044	0.0036	-1.1930
PrivateOnly	-	-	-	-0.0819	0.0403	-2.0348
OnePrivateOnly	-	-	-	0.1144	0.0507	2.2538
Mixed	-	-	-	0.0441	0.0418	1.0540
AtEachHome	-	-	-	0.2445	0.0425	5.7551
log(Bun)	0.0011	0.0032	0.3462	-0.0052	0.0024	-2.1263
Burn	0.6932	0.0396	17.5229	-0.3352	0.0306	-10.9424
Landfill	0.2760	0.0330	8.3722	-0.1042	0.0257	-4.0536
Charge1	-	-	-	0.1058	0.0226	4.6843
log(RecR)	0.0439	0.0072	6.0715	-0.0044	0.0056	-0.7890
AnyKumiai	-0.2563	0.0444	-5.7777	0.2664	0.0347	7.6666
log(RVolOFLF)	-0.0255	0.0056	-4.5616	-	-	-
log(PerWorker1)	-	-	-	0.0070	0.0013	5.2152
log(PerOtherWorker)	0.0090	0.0025	3.6260	-	-	-
log(AveHH)	-0.5757	0.1556	-3.7008	-0.2448	0.1337	-1.8310
log(PerDID)	-	-	-	-0.0026	0.0014	-1.9226
log(RatioEOHH)	0.7612	0.3162	2.4074	1.3370	0.2724	4.9075
log(PerToOther)	-	-	-	0.0202	0.0077	2.6145
log(Tarea)	-	-	-	0.0277	0.0123	2.2583
log(PerTG)	0.4129	0.0855	4.8296	0.4573	0.0682	6.7065
LargeCity	0.1701	0.0414	4.1052	0.2582	0.0329	7.8472
log(PerThirdO)	0.0786	0.0517	1.5222	0.0895	0.0425	2.1077
Significance level	$R^2 = 0.416$ DF=1,810 10% : * 5% : ** 1% : ***			$R^2 = 0.431$ DF=1,803		

しかし、収集運搬での分別数の係数は負として推定された。すでに述べたように収集回数は収集費用に有意に影響を及ぼすとはいえないことが多くの既存研究で指摘されている。収集回数の増加によって費用が増えないのであれば、分別数が多くなり、廃棄物がより整理されている場合には車載時の費用が低下するであろう。このように考えると、分別数を増やすことは行政コストの増加にはつながらず、むしろ減少する。分別の増加はリサイクル率の向上にもつながると考えられるので、平成17年度データの平均値である11.5分類を下回る地方自治体は、分別制度を再考することでリサイクル率の向上と廃棄物処理費用の低下という2つの成果を得ることができる可能性がある。

モデルの比較という点からみると、その他費用モデルのみに追加した変数としては、総排出量に占める最終処分割合 ($RVolOfLF$) がある。この変数はその和が1を超えないという意味でリサイクル率と密接な関係にある。

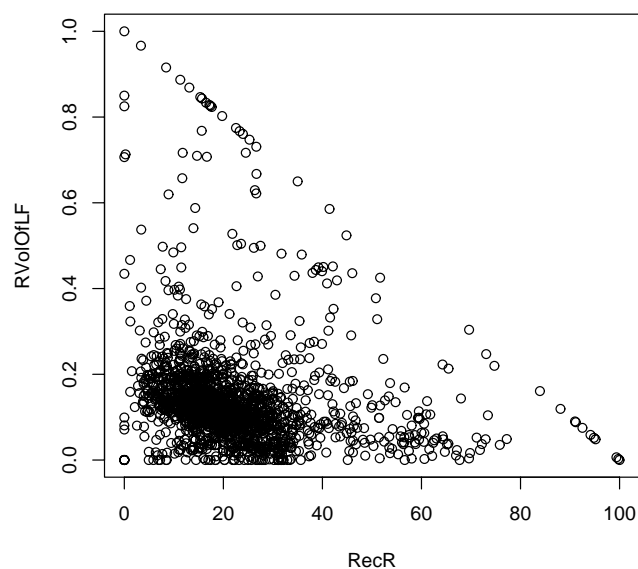


図 6: リサイクル率と最終処分率の相関関係

推定結果をみると、係数は有意にマイナスとなっており、最終処分の率が増えるに従って、その他費用は安くなるという結果が得られている。つまり、最終処分場へ運搬する費用を考えなければ、他の中間処理やリサイクルを行うよりも最終処分した方が現状では費用を抑制できるということを意味している。これは、総排出量に占めるリサイクル率 ($RecR$) にかかる係数が有意に正となったことと整合的である。

次に、有意であるが仮説と異なる符号となったものとして、*Burn* と *Landfill* がある。焼却施設あるいは最終処分場が自地域内に立地していることで費用的にも有利に処理を進めていると予想したが、結果は費用へのプラス要因として有意に推定された。

結果 2. 焼却施設等を保有する自治体はそうでない自治体よりも、「平均その他費用」が高くなる傾向にある。

本稿で定義している費用には処理施設の建設費用は含んでいないので、たまたま施設更新等が多くの施設保有自治体でこの年度に重なったことが影響しているということはない。よって、焼却施設等が現行の処理水準と比較して過大であり、結果として稼働率が下がっていることによるコスト増加分を施設を保有している自治体が負担するという構造になっている可能性がある。本稿が使用しているデータでは具体的な稼働率を考慮していないため、この点を直接検証する方法はない。しかし、藤井 (2007) は、国庫による補助が実質的には非常に高い水準であることから必要以上に大規模かつ高性能な処理施設が建設されている、ということを描きしており、そのような可能性は高いといえよう。

4 政策的含意

本節では、前節までの推定結果に基づいて、その政策的含意を検討する。前節で概観した表 7 からは多くの示唆を得ることができるが、以下では、特に収集運搬業が持つ「規模の経済性」と廃棄物処理業全体としての経営形態のあり方に焦点を絞って議論する。

4.1 規模の経済

4.1.1 規模の経済の定義

本稿では、総費用に関する規模の経済を「平均費用が生産量¹³の増加とともに減少すること」と定義する。平均費用の低下は費用関数 $C(y)$ が劣加法性をもつこと、すなわち、任意の生産水準 y^1, \dots, y^k について、

$$C(y) < \sum_{j=1}^k C(y^j) \quad (4)$$

が成立することを意味する¹⁴。ただし、 $y = \sum_{j=1}^k y^j, y^j \neq y$ である。

(1) 式に基づく収集運搬費用に関する両対数モデルでは、平均収集運搬費用 (AC) を被説明変数としているが、説明変数には生産量 (= 収集量) を表す $Dis1$ を含む項がいくつか含まれている。すなわち、計画収集量 ($Dis1$)、一人当たり計画収集量 ($Dis1/Pop$)、リサイクル率 ($Rec/Dis1$) である。このことに注意して、回帰式を $\ln(Dis1)$ で偏微分すれば以下を得る。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln(AC)}{\partial \ln(Dis1)} &= \frac{\partial}{\partial \ln(Dis1)} \left(\beta_0 + \beta_1 \ln(Dis1) + \beta_2 \ln\left(\frac{Dis1}{Pop}\right) + \beta_3 \ln\left(\frac{Rec}{Dis1}\right) + \sum_{i=4}^n \beta_i \ln(x_i) \right) \\ &= (\beta_1 + \beta_2 - \beta_3) \end{aligned} \quad (5)$$

¹³ここでいう生産量とは、収集運搬費用であれば計画収集量 ($Dis1$) であり、その他費用であれば総処理量 ($DisTotal$) を意味する。

¹⁴Baumol et al. (1988) の Proposition 2A1 による。

ここで、 β_i は推定されるパラメータ、 x_i は $Dis1$ を含まない説明変数をそれぞれ意味している。

対数変換は単調変換であるから、この (5) 式が負であるなら、収集量の増加とともに (対数をとっていない) 平均費用が減少していることになり、総費用について規模の経済が存在することになる。そして、 $Dis1$ (= 計画収集量) は常に正の値であるから、その符号は β ($\equiv \beta_1 + \beta_2 - \beta_3$) のみに依存することになる。さらには、(5) 式の左辺が生産量の平均費用に関する弾力性の定義そのものであることから、もし、

$$\frac{\partial \ln(AC)}{\partial \ln(Dis1)} < -1 \quad (6)$$

であるなら、総費用に規模の経済が働いているだけでなく、平均費用が規模に対して弾力的であることになる。

4.1.2 規模の経済に関する推計結果

表 8 は本稿で推定した当該パラメータとそれをもとに計算した β をまとめたものである。これをみると、収集費用およびその他費用のいずれも β が負であることから、総費用に規模の経済が存在することが確認できる。これは碓井 (2007) と整合的な結果である。さらに収集運搬費用については、その絶対値が 1 を上回っていることから、平均費用が規模 (= 収集量) に対して弾力的であることがわかる。すなわち、均衡における二つの平均費用関数の傾きはいずれも負であるが、その曲率が異なっており、収集運搬は、中間処理などに比べて、より規模の経済性の強い経済活動であることがわかる。

結果 3. 収集運搬費用、その他費用ともに総費用に対する規模の経済が存在する。

結果 4. 「平均収集運搬費用」は規模に対して弾力的であるが、「平均その他費用」は非弾力的である。

表 8 で比較している係数は、異なる二つの費用関数における比較であるから、その絶対値を単純に比較することはできない。また、それぞれの係数の標準誤差の大きさをみると係数が 0 より小さいことは統計的に有意となる。しかしながら、十分に規模が大きい場合には平均費用が U 字型となることを仮定すれば、その規模に対する性格の相違から、絶対値がより 0 に近い「その他費用」については、社会経済および地理的要因の変化で規模の経済が存在せず (すなわち、 $\frac{dAC}{dy} > 0$)、収集運搬費用のみに規模の経済が働いているという状況が発生することが考えられるのではないだろうか。この点が、これまでの研究において (収集運搬費用とその他費用を合計した) 廃棄物処理費用に関して規模の経済があるかどうかに関する判断が分かれてきた一因となっていた可能性は十分に考えられる。

さて、我が国の廃棄物処理事業には、小規模自治体による一部事務組合が存在する。これは複数の自治体が共同で廃棄物処理業を行うというものであり、平成 17 年度の全国の組合総数は 598 である。しかし、共同で行っているのは処理事業が中心であり、収集運搬も共同で組合が行っている例は少ない¹⁵。これは一時的に多額の設備投資が必要となる焼

¹⁵ 平成 17 年度に収集運搬を行った事務組合は 103 であるが、焼却を含む中間処理を行っている組合数は全体の約 3 分の 2 にあたる 384 となっている。

表 8: 規模の経済を表すパラメータの比較

	β_1	β_2	β_3	β_4	β
収集運搬費用	-0.1107 (0.0140)	-1.2158 (0.1182)	-0.0044 (0.0056)	— —	-1.3221 —
その他費用	-0.1701 (0.0135)	-0.4246 (0.0632)	0.0439 (0.0072)	-0.0255 (0.0056)	-0.6641 —

注 1: カッコ内は標準誤差を示す。

注 2: β_4 はその他費用のみに含まれる $RVolOfLF \equiv VolOfLF/DisTotal$ の係数を意味する。

却施設等の建設のために協力するケースが多いためであろう。その一方、収集運搬にはそれほど初期費用が必要となることもないため、個別の回収が続いているのである。

結果 3 及び結果 4 をみると、収集運搬は、中間処理以上に規模の経済による果実を得ることができることがわかったが、これは組合による収集運搬があまり行われていないことがその一因であると考えられる。実際、表 7 における、組合加入の有無に関するダミー変数 (*AnyKumiai*) をみると、その係数は収集運搬費用の推定では有意に正となっているが、その他費用では有意に負となっている。よって一部事務組合による収集運搬を増やすような政策の実行は廃棄物処理費用の低下、ひいては自治体財政への好影響をもたらすことが期待できる。

結果 5. 収集運搬を実施する一部事務組合を増加させることで、トン当たりの一般廃棄物処理費用を減少させる効果が期待できる。

4.2 運営形態の費用への影響

次に廃棄物処理事業の運営形態に関する問題を検討する。環境省 (2007) では中間処理についても運営に関するデータを得ることができるが、本稿では収集運搬にその分析対象を絞っているため、以下では一般廃棄物の収集運搬についてのみこの問題を議論する。

運営形態に関する既存研究においては、民間委託を行うことで費用を抑えることができることが指摘されている。特に、規模の経済があるため、民間委託の場合、複数社ではなく 1 社独占とすることが最も効率的であると言われている¹⁶。

環境省 (2007) を用いると、収集運搬の運営形態について、以下の 4 種類に分類することが可能である。

1. 直営のみ (市町村が実施)
2. 民間委託のみ (*PrivateOnly*)
3. 民間 1 社に独占委託 (*OnePrivateOnly*)¹⁷

¹⁶ 例えば、Dubin and Navarro(1988) は私的独占が最も効率的であることを示した。また、Stevens(1978) は私的独占は公的独占よりも効率的であることを示した。

¹⁷ ただし、ここでいう 1 社とは委託数が 1 であることを意味している。そのため、委託数が複数であるが 1 社が行っているような場合は含んでいないことを注意されたい。ただし、契約が複数であれば、同じ企業が行ったとしても実務的には規模の経済といったメリットが発揮されにくいことが予想される。

4. 直営・民営混合 (*Mixed*)

これらのダミー変数の推定結果を表7から抜粋したものが以下の表9である。

表 9: 収集運搬費用に運営形態がもたらす影響

	<i>PrivateOnly</i>	<i>OnePrivateOnly</i>	<i>Mixed</i>
収集運搬費用	-0.0819	0.1144	0.0441
(標準誤差)	(0.0403)	(0.0507)	(0.0418)
有意水準	5%	5%	not sig.

これをみると、*PrivateOnly* の係数が有意に負となっていることから、直営から民間委託のみ (*PrivateOnly*) にすることによって、費用が低下していることがわかる。これは先行研究と整合的である。しかしながら、*OnePrivateOnly* の符号は有意に正となった。これは民間企業1社のみが請け負う場合には、それ以外の場合よりも平均費用が増加していることを意味している。

結果 6. 民間委託は収集運搬の平均費用を低下させるが、1社への独占委託は平均費用を増加させる。

既存研究では規模の経済が存在することから、1社が独占することによって平均費用をより小さくすることができるという実証結果を得ているが、本稿ではそのような結果を得ることができなかった。この点を詳細に検討するためには運営形態別にその契約方法をチェックすることが必要であるが、少なくとも規模の経済のメリットを独占による弊害が上回っているということが指摘できる。

5 終わりに

本稿では、一般廃棄物の費用、特に収集運搬費用に焦点をあてて分析を行った。その中で、収集運搬費用だけでなく、中間処理や最終処分といった収集運搬以外の費用についても規模の経済性をもつことを統計的に示すことができた。そして、収集運搬以外の費用は平均費用が規模に対して非弾力的であり、収集運搬費用とその他費用は規模の経済の「大きさ」という点では異なっていることが明らかになった。この二つの異なる費用構造をもつものをまとめて扱っていることが、既存研究において規模の経済性が認められないという結果が得られている一因と考えることができるであろう。また、このことは費用構造を検討する上では、収集運搬とそれ以外の費用については分けて検討することが重要であることを意味する。

この規模の経済性以外に加えて、収集運搬の運営形態についても分析を行った。既存研究では一般廃棄物の収集運搬が自然独占であることを前提に民間委託(1社独占)が最も費用が小さくなるとされているが、本稿の分析ではそのような結果は得られなかった。市町村による直営ではなく民間委託が行われている場合には平均費用が減少することが統計的に示されたが、1社のみ委託することは平均費用を押し上げるとの結果が有意に示さ

れたのである。この点については、委託数が1である場合のみを1社委託とみなしているというデータの問題もあるが、これまであまりとりあげられることのなかった一般廃棄物処理の効率性について本格的に見直していくことの重要性を示唆しているといえよう。

前述のように本稿が扱っている費用に関するデータは減価償却費等が含まれていないという意味で「真の処理費用」を示すものではない。これは地方自治体の会計基準が現金主義であるためである。各自治体が他の事務事業と一般廃棄物処理を比較するという意味では、本稿が用いたデータによる分析が有用であるが、民間企業の会計基準と比較して費用を論じる場合には注意を要することを忘れてはならない。しかしながら、我が国経済の大多数を占める民間企業との協力なくして真の資源循環型社会の構築は不可欠である。そのためには「真のデータ」の収集およびその分析が必要であるが、本稿はそのための一次接近と位置付けられよう。

参考文献

- Baumol, William J., Panzer, John C. and Robert D. Willig (1988) *Contestable Markets and the Theory of Industry Structure*, revised edition, Academic Press.
- Callan, Scott J. and Janet M. Thomas (2001) "Economies of Scale and Scope: A Cost Analysis of Municipal Solid Waste Services," *Land Economics*, Vol. 77 (4), pp548-560.
- Callan, Scott J. and Janet M. Thomas (1999) "Adopting a Unit Pricing System for Municipal Solid Waste: Policy and Socio-Economic Determinants," *Environmental and Resource Economics*, Vol. 14, pp503-518.
- Dubin, Jeffrey A. and Peter Navarro (1988) "How Markets for Impure Public Goods Organize: The Case of Household Refuse Collection," *Journal of Law, Economics, and Organization*, Vol. 4, no. 2, pp. 217-241.
- Greene, William (2000) *Econometric Analysis*, fourth edition, Prentice Hall.
- Hirsch, Werner Z. (1965) "Cost Functions of an Urban Government Service: Refuse Collection," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 47, pp. 87-92.
- Kinnaman, Thomas C. and Don Fullerton (2000) "Garbage and Recycling with Endogenous Local Policy," *Journal of Urban Economics*, Vol. 48, pp. 419-442.
- Porter, Richard (1998) *Economics of Waste*, Resources for the Future.
- R Development Core Team (2006) *R: A language and environment for statistical computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, ISBN:3-900051-07-0, <http://www.R-project.org>.
- Sigman, Hilary (1996) "The Effects of Hazardous Waste Taxes on Waste Generation and Disposal," *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 30, pp199-217.

- Stevens, Barbara J. (1978) "Scale, Market Structure, and the Cost of Refuse Collection," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 60, pp 438-448.
- Suwa and Takehiro Usui(2007) "Municipal Gargage," *Environmental Economics and Policy Studies*, Vol. 7.
- 碓井健寛 (2007) 「廃棄物処理費用のパネルデータ分析」, 『廃棄物学会論文誌』 第 18 巻 6 号, pp.
- 碓井健寛 (2003) 「有料化によるごみの発生抑制効果とリサイクル促進効果」『会計検査研究』 第 27 巻, pp. 245-261 .
- 川本清美・井村秀文・森杉雅史 (2005) 「一般廃棄物処理行政の効率性評価に関する研究」『土木学会環境システム研究発表会論文集』, 第 33 巻, pp. 11-19 .
- 環境省 (2007) 『一般廃棄物処理事業実態調査』 .
- 笹尾俊明 (2000) 「廃棄物処理有料化と分別回収の地域的影響を考慮した廃棄物減量効果に関する分析」, 『廃棄物学会論文誌』, 第 11 巻 1 号, pp1 ~ 10 .
- 仙田徹志・長命洋祐・森佳子 (2004) 「一般廃棄物統計のパネルデータのデータ特性とごみ排出量の動態過程に関する統計的一吟味」, 『統計学』, 第 86 号, pp1-16 .
- 総務省統計局 (2007) 『統計でみる市区町村の姿』 .
- 根本二郎・尾関淳哉 (2006) 「非パラメトリックな一般廃棄物処理事業組合の効率性分析とその経済学的意義」『会計検査研究』 ,
- 藤井美文 (2007) 「廃棄物会計基準の策定 - 論点と課題 - 」『廃棄物学会誌』, 第 18 巻 4 号, pp1-pp2 .
- 細田衛士 (2007) 「廃棄物処理費用の透明化と説明責任」『廃棄物学会誌』, 第 18 巻 4 号, pp1-pp2 .
- 細田衛士 (2006) 「3 R と国際資源循環 - 経済学的視点からの検討 - 」『廃棄物学会誌』, 第 17 巻 2 号, pp49-59 .
- 山谷修作 (2007) 『ごみ有料化』, 丸善株式会社 .
- 山谷修作 (2000) 「ごみ処理有料化における市民の意識と行動」『公益事業研究』, 第 52 巻 第 1 号, pp. 31-39 .