

【論 文】

一般廃棄物の収集運搬・処理費用に関する計量経済分析

——市町村と一部事務組合等の違いを考慮して——

笹尾俊明*

【要旨】 持続可能な廃棄物処理を行う上で、廃棄物の収集運搬や処理の方法が費用に与える影響を把握することは重要である。廃棄物処理費用に関する既存の計量経済分析では、収集運搬・中間処理・最終処分の部門ごとの分析や、単独で事業を行う市町村と一部事務組合等との比較検討は不十分であった。本研究では、収集運搬・中間処理・最終処分の部門ごとに、単独で廃棄物処理事業を行う市町村と一部事務組合等の違いも考慮して、一般廃棄物の収集運搬・処理費用に関する計量経済分析を行った。分析の結果、収集運搬・中間処理・最終処分の全部門で規模の経済が確認され、特に中間処理と最終処分それが顕著であることがわかった。単独で収集・処理を行う市町村と比べ、組合等では収集運搬に係る平均費用が低く、また全部門で規模の経済の効果がより大きいことを明らかにした。組合等における費用削減要因として、委託費抑制による可能性を指摘した。

キーワード：廃棄物処理, 収集運搬, 費用, 規模の経済, 一部事務組合

1. 研究の背景と目的

人口減少が進むわが国では、3R推進政策の効果と相まって、一般廃棄物の総排出量はある程度減少することが見込まれる¹⁾。しかし、高齢化の影響等で単身世帯は増加しており²⁾、1人あたりの廃棄物排出量が今後も減少するかは不透明である。また、廃棄物の収集運搬や処理には「規模の経済」(スケール・メリット)があると考えられ、廃棄物の減量が費用の比例的な低下をもたらすとは限らない。地方自治体の財源が逼迫する中で、一般廃棄物処理に係る費用の抑制は大きな課題である。一方、環境保全や災害対応等、廃棄物処理に求められる内容は多様化しており、これらは一般に費用増加の要因となる。

将来にわたって持続可能な廃棄物処理を行う上で、廃棄物の収集運搬や処理の方法が費用に与える影響を定量的に把握することは重要である。過去にも廃棄物の収集運搬・処理に関する費用分析が行われてきたが、収集運搬部門のみに注目する、あるいは、収集運搬と処理の部門をまとめて分析する研究が多かった。廃棄物処理は収

集運搬・中間処理・最終処分の各部門で業務内容が大きく異なることから、収集・処理方法の違いや社会経済的要因が費用に与える影響を正確に把握するためには、部門ごとの分析が必要である。

一般廃棄物処理では事業の合理化・効率化への期待から、一部事務組合や広域組合(以下、組合等)を設立して事業を行う市町村も多い^{3,4)}。環境省⁵⁾の調査によると、廃棄物処理事業に係る組合等は2018年度時点で560団体あり、全国にある一部事務組合の中で最も多い⁶⁾。組合等は特別地方公共団体として法人格をもつため、財産保有が可能である⁷⁾。また、議会や管理者等の固有の執行機関を有するため、特別地方公共団体を設置しない連携手法と比べ、責任の所在が明確であるといった利点がある⁷⁾。こうした要因が廃棄物処理分野での組合等、特に一部事務組合の増加をもたらしてきた。一方、構成自治体が増加することで意見調整に時間を要し、迅速な意思決定が困難になるといった課題も指摘されている^{3,4)}。2. でみるように、組合等による廃棄物処理が単独で事業を行う市町村と比べ費用効率であることを示す既存研究はある。しかし、その効率性が収集運搬・処理のどの部門によるものなのか、また人口や処理量の増加に伴う「規模の経済」だけでは説明できない組合等結成の効果があるのか、といった分析は不十分であった。

そこで本研究では、収集運搬・中間処理・最終処分の

原稿受付 2020. 7. 6 原稿受理 2020. 9. 13

* 岩手大学 人文社会科学部

連絡先: 〒 020-8550 岩手県盛岡市上田3-18-34

E-mail: tsasao@iwate-u.ac.jp

各部門に分け、組合等を構成する市町村と単独で事業を行う市町村との違いも考慮して、一般廃棄物の収集運搬・処理費用に関する計量経済分析を行う。そして、廃棄物の収集運搬・処理において重要な論点となる、①部門ごとの規模の経済や組合等の結成による広域処理の効果はどの程度確認されるか、②収集・処理方法の違いが費用にどのような影響を与えるか、③その他、費用に影響する経済的・地理的要因とその程度について明らかにする。

2. 関連研究のレビュー

2.では上記①～③に関する、特に国内の一般廃棄物を対象とした研究に注目して、これまでの成果と課題を述べる。海外の研究レビューについては、Belら⁸⁾やSasao⁹⁾等を参考にされたい。

2.1 規模の経済

廃棄物の収集運搬・処理の効率性を考える上で、2つの広義の「規模の経済」が重要となる^{8,9)}。それは「密度の経済」と狭義の「規模の経済」である。前者は人口密度または世帯密度の1%増加に伴い、費用の増加率が1を下回るか、平均費用が減少する場合をいう。後者は廃棄物排出量または処理量の1%増加に伴い、費用の増加率が1を下回るか、平均費用が減少する場合をいう。規模の経済は組合等による広域処理の経済性の議論にもつながる。廃棄物の収集運搬・処理において密度の経済や規模の経済が存在するか否かについて、国内外の数多くの研究で議論されてきたが、結果は研究により異なる⁸⁾。

碓井¹⁰⁾は1998年度から2002年度までのパネルデータを用いて、全市町村の廃棄物処理費用について分析し、人口5万未満の自治体で規模の経済が顕著にみられることを示した。山本¹¹⁾は2005年度の全市町村のデータを用いて、世帯密度に関する密度の経済を確認し、年間収集量が45,000 ton以下の小規模自治体で規模の経済を確認した。また、組合等を構成している市町村は単独で処理を行う市町村と比べ、収集運搬費用は高いが、処理費用が低いことを示した。Chifariら¹²⁾は2010年度のデータを用いて、人口密度の増加が収集費用を減少させ、収集処理全体の費用削減をもたらす密度の経済を確認した。また収集処理全体での規模の経済も確認し、その程度は最終処分、中間処理、収集運搬の順に大きいことを示した。さらに、組合等を構成した市町村では単独で事業を行う市町村よりも収集処理全体に係る費用が低いことも示した。石村ら¹³⁾は2006年度から2016年度までの廃棄物処理に関するパネルデータを用いて、広域処理の費用

効率性に関する分析を行い、広域処理による費用削減効果は人口や排出規模が少ない自治体でより顕著であることを示した。

2.2 収集・処理方法と費用

収集・処理方法には、主に運営・実施体制に関するものと技術的な方法に大別される。前者は民間業者への業務委託や民営化、後者は収集頻度や収集方式、分別品目数、また焼却方式、RDF化、リサイクルや堆肥化といった中間処理方法等があげられる。碓井¹⁰⁾は自治体直営による収集量の比率が高いほど費用が増加することや、紙製容器包装の分別収集が費用を減少させることを示した。山本¹¹⁾は収集運搬の民間委託が平均費用を低下させるが、1社への独占委託の場合は平均費用を増加させることを明らかにした。また、リサイクル率の増加は処理費用の増加要因となる一方で、収集頻度や分別品目数は収集運搬費用に有意な影響を与えないことを示した。Chifariら¹²⁾は、戸別回収やリサイクル率の上昇が収集運搬費用を増加させ、収集処理全体の費用も増加させることを明らかにした。

2.3 経済的・地理的要因と費用

上記①②以外の要因、具体的には事業系廃棄物や外国人人口の割合等の経済的要因や、自治体の面積、処理施設の有無、収集・処理範囲に離島が含まれるかどうかなどの地理的要因が費用に影響する可能性がある。たとえば、碓井¹⁰⁾は組合等で共有する処分場をもつ場合、もたない場合よりも費用が安くなり、焼却施設を単独で所有する場合、もたない場合よりも費用が高くなることを示した。山本¹¹⁾は自治体内に焼却施設や処分場が立地する場合、収集運搬の平均費用が減少することを示した。Chifariら¹²⁾は、事業系廃棄物の割合が高い自治体ほど収集処理全体に係る費用が低いことや、離島の場合、収集処理全体に係る費用が高く、それは中間処理部門の費用増加によることを示した。

2.4 既存研究の成果と課題

以上のように、国内を対象とした既存研究では、人口や世帯に関する密度の経済が確認され、人口規模の比較的小さい自治体では規模の経済も確認されている。また、組合等による広域処理や民間委託による費用削減効果を示した研究もあり、一部の研究では収集・処理方法以外の経済的要因や地理的要因の影響も分析されている。一方、既存研究には以下のような課題も残されている。碓井¹⁰⁾はパネルデータを用いた先駆的研究であるが、収集運搬・中間処理・最終処分の部門ごとの分析は行っていない

ない。山本¹¹⁾では、収集運搬に焦点が当てられ、中間処理と最終処分に関する分析は不十分である。Chifari¹²⁾では、部門ごとの分析が組合等を除いて行われており、単独で事業を行う自治体と比べ、組合等がどの部門で費用を削減しているかは明らかにされていない。また、石村ら¹³⁾では部門ごとの分析が行われているものの、組合単位ではなく市町村単位のデータを用いているため、組合等における費用削減の要因は不明である。

3. 研究方法とデータ

2. で述べた既存研究の成果と課題を踏まえ、本研究では、一般廃棄物の収集運搬・中間処理・最終処分の各平均費用に影響を与える要因について、全国の市町村と組合等（以下、市町村と組合等を合わせて「自治体」と呼ぶ）から成るクロスセクション・データを部門ごとに作成して分析する[†]。最初に全自治体をまとめたデータで、次に市町村と組合等を分けたデータで分析を行う。データは2017年度のものを使用し、廃棄物処理関連のデータは環境省¹⁴⁾の一般廃棄物処理実態調査結果における処理状況に関する調査結果（各都道府県の集計結果の「ごみ処理状況」と「経費」）を用いる。被説明変数は一般廃棄物1 tonあたりの収集運搬・中間処理・最終処分の各部門における平均費用と、住民1人あたりの平均費用とし、最小二乗法により推定する。従来の研究では重量あたりの平均費用のみが対象とされることが多かったが、本研究では1人あたりの平均費用にも注目することで、市民の費用負担に関する有用な情報を提供するものと期待される。なお、1人あたりの平均費用を計算する際には計画収集人口（住民基本台帳に登録された外国人を含む）を用いる。ここで費用には処理および維持管理費（人件費、収集運搬・処理費、委託費）を含むが、いずれも自治体が負担する費用であり、民間事業者の費用は含まない。また処理施設等の建設費用は含まない。人件費については、一般廃棄物処理実態調査結果では一般職と技能職に分類されているが、前者は収集運搬・中間処理・最終処分の区分がされていないため、まずは技能職のみを考慮した分析を行い、一般職の人件費を考慮した

分析は4.3で行う。また委託費については、施設運転や収集運搬の委託等、廃棄物処理に関する業者との委託契約の他、当該市町村が構成員になっていない事務組合や他の市町村との委託契約に基づいて支出した経費が含まれる¹⁴⁾。したがって、人件費や収集運搬・処理費とは性質が異なることに注意を要する。なお、本研究では組合等も分析対象とすることから、二重計算を防ぐために市町村単位での組合分担金は費用に含まない。

全部門に共通する説明変数は、計画収集人口または収集・処理量（収集運搬では計画収集量、中間処理では計画収集量に施設への直接搬入量と集団回収量を加えた処理量、最終処分では中間処理後残渣を含む最終処分量）、外国人人口比率（計画収集人口に占める住民基本台帳に登録された外国人の割合。以下、外国人比率）、1人1日あたりの一般廃棄物排出量（以下、1人1日排出量）、リサイクル率、分別数、行政区域自体が離島または行政区域内にそれを含む場合に1となるダミー変数、の6つである。リサイクル率については、収集運搬では固形燃料、焼却灰・飛灰のセメント原料化、セメント等への直接投入、飛灰の山元還元をリサイクル量から除いた割合を、中間処理と最終処分ではそれらを含んだ割合を用いる。また、「離島」と「離島を含む」のダミー変数については両者の相関があるため、それぞれ別のモデルで推定し、「離島」を含めた場合をモデル1、「離島を含む」を含めた場合をモデル2とする。さらに、全自治体をまとめた分析では組合等の場合に1となるダミー変数「組合」を、市町村と組合等を分けた分析では組合等において構成市町村数を説明変数に追加する。これらに加えて、収集運搬では事業系廃棄物の比率、自治体面積、可燃ごみ・プラスチック製容器包装（以下、プラ製容器）・生ごみの各収集頻度、加えて、民間業者への委託率の6変数についても考慮する。面積については、国土地理院¹⁵⁾の平成29年全国都道府県市区町村別面積調を用いる。中間処理では、粗大ごみの破碎圧縮率、処理量に占める堆肥化・飼料化・メタン化・RDF化の各比率、焼却施設数、さらに焼却施設に熔融炉が含まれる場合に1となるダミー変数の7変数も考慮する。最終処分では、処理量に対する直接最終処分量の比率（以下、直接埋立率）、処理量に占める焼却残渣の比率（以下、焼却残渣率）、処理量に占める焼却残渣を除く処理残渣の比率（以下、処理残渣率）、そして最終処分場数の4変数についても考慮する。比率やダミー変数以外の変数については、弾力性を明らかにするために対数変換して用いる。

組合等のデータについては、経費に関するデータ以外は市町村ごとの集計しかなく、組合等ごとの集計はない。したがって、総人口・計画収集量・面積・処理量につい

[†] 本研究は Sasao⁹⁾ を元にしつつも、平均費用が著しく高い、または低い自治体をデータから除いている点と、説明変数を見直している点が異なる。具体的には、中間処理と最終処分の分析では収集頻度に関する説明変数を除いた一方で、収集運搬では事業系廃棄物比率を、中間処理では粗大ごみの破碎圧縮、堆肥化、メタン化、RDF化の各処理比率を説明変数に加えている。また費目別の分析を行っている点も異なる。なお市町村によっては、収集運搬・中間処理・最終処分の部門ごとに組合等への参加の有無が異なる場合があるが、その点も考慮して各部門の分析を行う

表1 記述統計量

	収集運搬						中間処理						最終処分					
	市町村 (n=1,433)		組合等 (n=61)		計 (n=1,494)		市町村 (n=753)		組合等 (n=348)		計 (n=1,101)		市町村 (n=911)		組合等 (n=294)		計 (n=1,205)	
	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差	平均	標準 偏差
tonあたり 平均費用(千円)	17.71	11.85	13.21	10.34	17.53	11.82	20.33	18.36	17.96	10.95	19.58	16.42	52.74	118.61	30.82	75.17	47.39	109.98
1人あたり 平均費用(千円)	4.75	3.20	3.38	2.22	4.70	3.18	6.90	6.30	5.91	3.67	6.59	5.62	1.33	2.43	0.68	0.88	1.17	2.18
人口(千人)	78.52	199.56	72.54	56.21	78.28	195.77	110.84	248.46	160.47	531.98	126.53	363.33	99.87	228.31	183.39	587.53	120.25	353.11
計画収集量/ 中間処理量/ 最終処分量 (千 ton)	22.68	58.39	20.12	16.40	22.57	57.28	37.46	82.49	53.57	185.92	42.55	124.95	3.06	8.16	6.00	22.42	3.78	13.20
外国人比率	0.012	0.013	0.011	0.014	0.012	0.013	0.013	0.013	0.013	0.012	0.013	0.013	0.013	0.014	0.012	0.012	0.013	0.013
1人1日 排出量(g)	912	265	870	137	910	261	945	300	883	149	925	264	933	278	890	165	923	256
事業系 廃棄物比率	0.244	0.121	0.226	0.097	0.243	0.120												
可燃ごみ収集 頻度(回/週)	2.0	0.6	1.9	0.5	2.0	0.6												
プラ製容器収集 頻度(回/週)	1.9	1.8	1.7	1.2	1.9	1.7												
生ごみ収集 頻度(回/週)	0.8	2.1	0.8	1.8	0.8	2.1												
分別品目数	13.8	5.1	13.3	4.2	13.8	5.0	14.0	5.2	13.6	4.3	13.9	4.9	14.2	5.3	13.4	4.5	14.0	5.1
委託率	0.838	0.312	0.906	0.180	0.841	0.308												
リサイクル率	0.187	0.091	0.181	0.063	0.187	0.090	0.235	0.142	0.208	0.118	0.227	0.135	0.215	0.126	0.197	0.107	0.211	0.122
破碎圧縮率							0.042	0.056	0.046	0.047	0.043	0.053						
堆肥化率							0.019	0.071	0.008	0.030	0.016	0.061						
飼料化率							0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001						
メタン化率							0.003	0.025	0.004	0.032	0.003	0.027						
RDF化率							0.039	0.156	0.044	0.166	0.041	0.159						
直接埋立率													0.037	0.110	0.020	0.064	0.033	0.101
焼却残渣率													0.065	0.049	0.072	0.047	0.067	0.049
処理残渣率													0.017	0.040	0.018	0.034	0.018	0.039
焼却施設数							0.704	0.761	1.017	1.169	0.803	0.921						
溶融施設(D)							0.045	0.208	0.118	0.323	0.068	0.252						
処分場数													0.799	0.845	0.684	0.595	0.771	0.793
面積(km ²)	220.91	256.35	827.71	844.50	245.69	325.77												
離島(D)	0.038	0.190	0.000	0.000	0.036	0.187	0.049	0.216	0.014	0.119	0.038	0.192	0.041	0.198	0.020	0.142	0.036	0.186
離島を含む(D)	0.068	0.251	0.016	0.128	0.066	0.248	0.093	0.291	0.063	0.244	0.084	0.277	0.081	0.273	0.058	0.234	0.076	0.264
組合(D)					0.041	0.198					0.316	0.465					0.244	0.430
組合構成市町 村数			3.1	1.6					3.5	2.3					3.6	2.4		

(D) はダミー変数を表す

ては構成市町村の値を合計し、それら以外の説明変数については構成市町村の値を平均して、組合等のデータを作成した[†]。そして、データの重複がないように、収集運搬・中間処理・最終処分の各部門で事業実績のない自

治体は各部門の分析対象から除いた。また、平均費用が著しく高い、あるいは低い自治体についても異常値として分析対象から除いた^{††}。結果的に、収集運搬・中間処理・最終処分の部門ごとの分析対象数はそれぞれ1,494, 1,101, 1,205自治体となった。表1に各変数の記述統計

[†]市町村の中には、市町村合併前からの経緯等で、市町村全域ではなく、一部地域のみが組合等に参加している場合や、地域によって複数の組合等に参加している場合もある。このような場合、ウェブサイトで当該地域の人口を確認でき、構成市町村の中で対応の規模を占めていた一部のケースでは、総人口・計画収集量・面積・ごみ処理量に関する変数については、人口で各変数の値を按分して、当該組合のデータに加えた。一方、それら以外の比率に関する変数については、そのまま構成市町村の値を平均した。構成市町村内での人口比率や人口規模が小さい場合は、当該地域を含む市町村を組合の構成市町村から除外した

^{††}具体的には、① tonあたり・1人あたり両方の平均費用が上位または下位1%に含まれ、そのいずれかの値が隣接する中央値に近い側の値と比べ、50%以上の差がある場合、② tonあたり・1人あたりのいずれかの平均費用が上位または下位1%に含まれ、そのいずれかの値が隣接する中央値に近い側の値と比べ、2倍以上の差が開いている場合、のいずれかに当てはまる場合に除外した。その結果、収集運搬、中間処理、最終処分の各部門でそれぞれ2, 3, 7自治体が分析対象から外れた

量を示す。なお、各変数間の相関係数と分散拡大係数を確認し、多重共線性を引き起こすような相関がないことを確認している。表から、収集運搬・中間処理・最終処分

量も多いことが確認できる。

4. 推定結果

4.1 市町村と組合等を合わせた場合

まず、市町村と組合等を合わせ、有意でない説明変数を除いた場合の、収集運搬・中間処理・最終処分の各平均費用に関する推定結果を表2に示す。最終処分の1人あたり平均費用では、「離島」「離島を含む」のいずれの

表2 全自治体における部門ごとの費用に関する推定結果

変数	収集運搬 (n=1,494)				中間処理 (n=1,101)				最終処分 (n=1,205)		
	tonあたり平均費用		1人あたり平均費用		tonあたり平均費用		1人あたり平均費用		tonあたり平均費用	1人あたり平均費用	
	モデル1	モデル2	モデル1	モデル2	モデル1	モデル2	モデル1	モデル2	モデル1	モデル2	平均費用
人口 (log)	-0.0862*** (0.0106)	-0.0903*** (0.0107)			-0.172*** (0.0250)	-0.192*** (0.0240)			-0.192*** (0.0322)	-0.198*** (0.0308)	
収集・処理量* (log)			-0.0690*** (0.0103)	-0.0676*** (0.0103)			-0.167*** (0.0243)	-0.187*** (0.0233)			-0.202*** (0.0290)
1人1日排出量 (log)	-0.128* (0.0692)	-0.119* (0.0675)	0.745*** (0.0690)	0.723*** (0.0702)	-0.400*** (0.0882)	-0.370*** (0.0886)	0.728*** (0.0853)	0.779*** (0.0851)			1.047*** (0.182)
事業系廃棄物比率	-0.883*** (0.174)	-0.896*** (0.173)	-0.947*** (0.166)	-0.927*** (0.167)							
可燃ごみ収集頻度	-0.108*** (0.0268)	-0.104*** (0.0272)	-0.0835*** (0.0256)	-0.0851*** (0.0258)							
プラ製容器収集頻度	0.0385*** (0.00776)	0.0394*** (0.00781)	0.0344*** (0.00761)	0.0351*** (0.00761)							
分別品目数	-0.0102*** (0.00265)	-0.0107*** (0.00268)	-0.0104*** (0.00265)	-0.0102*** (0.00265)					-0.0171** (0.00840)	-0.0180** (0.00825)	-0.0185** (0.00812)
収集運搬委託率	-0.130*** (0.0432)	-0.134*** (0.0433)	-0.114*** (0.0437)	-0.110** (0.0438)							
破砕圧縮率					0.846** (0.341)	0.840** (0.346)	0.831** (0.341)	0.825** (0.346)			
RDF化率					0.849*** (0.178)	0.854*** (0.180)	0.838*** (0.178)	0.844*** (0.180)			
リサイクル率	0.874*** (0.194)	0.882*** (0.195)	0.775*** (0.176)	0.799*** (0.175)	-0.372* (0.209)	-0.406* (0.215)	-0.371* (0.207)	-0.405* (0.213)	0.0121** (0.00498)	0.0121** (0.00499)	0.00679* (0.00391)
直接埋立率									-2.131*** (0.321)	-2.104*** (0.322)	4.022*** (0.320)
焼却残渣率									-7.371*** (1.877)	-7.317*** (1.857)	6.708*** (1.057)
処理残渣率									-3.516*** (0.830)	-3.506*** (0.828)	4.810*** (0.949)
焼却施設数					0.201** (0.0799)	0.214*** (0.0823)	0.198** (0.0772)	0.210*** (0.0797)			
溶融炉 (D)					0.443*** (0.0655)	0.440*** (0.0643)	0.473*** (0.0650)	0.469*** (0.0640)			
処分場数									0.239*** (0.0478)	0.233*** (0.0483)	0.338*** (0.0494)
面積 (log)	0.0406*** (0.0104)	0.0388*** (0.0104)	0.0261** (0.0101)	0.0253** (0.0101)							
離島 (D)	0.231** (0.104)				0.527*** (0.126)		0.544*** (0.124)		0.317* (0.171)		
離島含む (D)		0.150** (0.0600)		0.0986* (0.0578)		0.212*** (0.0767)		0.219*** (0.0757)		0.203* (0.115)	
組合 (D)	-0.354*** (0.0703)	-0.349*** (0.0702)	-0.349*** (0.0704)	-0.345*** (0.0703)							
定数項	4.703*** (0.473)	4.692*** (0.470)	-2.726*** (0.465)	-2.609*** (0.471)	7.301*** (0.719)	7.266*** (0.721)	-1.981*** (0.670)	-2.212*** (0.673)	5.297*** (0.431)	5.364*** (0.416)	-7.291*** (1.268)
自由度修正決定係数	0.241	0.240	0.198	0.199	0.191	0.181	0.237	0.226	0.122	0.122	0.182

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1, 括弧内はロバスト修正済み標準誤差, (D)はダミー変数を表す

* 収集運搬の場合は計画収集量, 中間処理の場合は計画収集量+直接搬入量+集団回収量, 最終処分の場合は中間処理後残渣を含む最終処分量を表す

変数も有意でなかったため、モデル1と2を区別しない結果を示す。最終処分の一部モデルの決定係数がやや低いものの、本研究のようなクロスセクション・モデルとしてはおおむね良好な結果である。

規模の経済については、1%の人口増に対して、tonあたり平均費用は収集運搬で約0.09%、中間処理と最終処分で約0.2%減少する。1%の収集・処理量の増加に対しても、1人あたり平均費用は収集運搬で約0.07%、中間処理と最終処分で約0.2%の減少が確認された。このことから収集運搬・中間処理・最終処分の全部門で規模の経済が存在し、その程度は中間処理と最終処分で大いことがわかる。これはChifariら¹²⁾の結果と整合的である。1人1日排出量の1%増加に対しては、tonあたり平均費用は収集運搬で10%有意水準ではあるが、約0.1%、中間処理で約0.4%減少し、1人あたり平均費用は収集運搬で約0.7%、中間処理で0.7~0.8%、最終処分で約1.0%増加する。このように1人1日排出量が増えても、tonあたり費用では規模の経済が確認されるが、1人あたり費用ではそれが確認されないことに注意が必要である。また組合等結成の影響については、収集運搬でのみ有意な影響が確認され、ダミー変数であることに注意して計算すると、収集運搬の平均費用は単独で処理を行う市町村と比べ、tonあたり・1人あたりともに29~30%減少する[†]。Chifariら¹²⁾や石村ら¹³⁾は、組合等における収集処理全体の費用が単独処理を行う市町村と比べ低いことを明らかにしたが、本研究の結果はそれが収集運搬による可能性を示している。ただし、一般職の人件費が費用に含まれていないことが影響している可能性があるため、4.3でそれを含めて分析する。

収集方法については、可燃ごみの収集頻度が週1回増えると、収集運搬の平均費用はtonあたり10~11%、1人あたり8.4~8.5%減少する。一見矛盾するようにもみえるが、週あたりの収集頻度が増加すると、1日あたりの収集量は減少すると考えられる。その結果、収集運搬車が1日あたりに集積所と処理施設の間を往復する回数や収集時間が減少することなどを通じて、1日あたりの収集効率が上昇する可能性を示唆している。一方、プラ製容器の収集頻度が週1回増えると、収集運搬の平均費用はtonあたり約3.9%、1人あたり3.4~3.5%増加する。これはプラスチックの比重が可燃ごみと比べ軽いことによると考えられる。生ごみの収集頻度については、

有意な影響は確認されなかった。山本¹¹⁾では、可燃ごみと資源ごみを合わせた収集頻度の影響は負の符号を示しながらも有意ではなかったが、本研究では品目を分けることで有意な影響を確認した。一方、分別品目数が増えたと、収集運搬の平均費用はtonあたり・1人あたりともに約1%減少し、山本¹¹⁾とは異なる結果となった。分別品目が増えると、一度に数多くの種類を収集する必要があるため、収集効率が下がりそうに思われるが、収集量自体には変化がないため、分別品目が多いほうが収集効率を上げる可能性がある。この結果は村上ら¹⁷⁾のグリッドシティーモデルによる分析結果と整合的である。また、最終処分の平均費用もtonあたり・1人あたりともに1.7~1.9%減少する。他方、収集運搬の民間委託率が1%増加すると、収集運搬の平均費用はtonあたり・1人あたりともに約0.1%減少する。この結果は、収集運搬の民間委託が(1社独占の場合を除いて)平均費用の削減をもたらすとした山本¹¹⁾と同様である。

中間処理の処理方法については、粗大ごみの破碎圧縮率とRDF化率で有意な影響が確認された。破碎圧縮率の1%増加に伴い、中間処理の平均費用はtonあたり・1人あたりともに約0.9%増加する。破碎や圧縮はその後の中間処理や最終処分に不可欠な工程であるが、規模の経済が働きにくいことがわかる。RDF化率の1%増加に伴い、平均費用はtonあたり・1人あたりともに約0.7%増加し、碓井¹²⁾の結果と整合的である。リサイクル率の1%増加に伴い、収集運搬の平均費用はtonあたり約0.9%、1人あたり約0.8%増加し、最終処分の平均費用はtonあたり約0.01%、1人あたり約0.007%増加する。一般に、リサイクル目的で分別収集する場合、専用の回収容器を事前に配置するための費用がかかったり、PETボトル等に代表されるような比重の軽い資源ごみを運搬したりするために、特に重量あたりの平均費用は高くなる傾向がある。一方、中間処理の平均費用は有意水準10%であるが、tonあたり・1人あたりともに約0.4%減少する。リサイクル率増加に伴う平均費用の増加が主に収集運搬で観察されるのは、リサイクル工程の多くが自治体ではなく、民間事業者によって行われているためと考えられる。

また、焼却施設数の増加に伴い、中間処理の平均費用はtonあたり・1人あたりともに20~21%増加する。これは、市町村単独での焼却施設の所有や市町村内における焼却施設の設置が費用増加要因となることを示した碓井¹¹⁾や山本¹²⁾の結果と整合的である。さらに、自治体が所有する焼却施設のうち少なくとも一つが熔融炉の場合、ダミー変数であることに注意して計算すると、平均費用は55~60%増加する。一般に、熔融炉では副資材等が

[†] 組合等を表す説明変数はダミー変数であるため、Halvorsenら¹⁶⁾に倣い、 $100 \times |\exp(c) - 1|$ で弾力性を計算した。ここで、 \exp は指数関数を、 c は推定された元のパラメータを表す。以降、説明変数がダミー変数の場合は同様の計算による結果を示す

必要とされるため、ストーカ式等の一般的な焼却炉と比べ、費用が高くなることが影響していると考えられる¹⁸⁾。最終処分では1%の直接埋立率増に伴い、平均費用はtonあたり約2.2%、1人あたり約4.0%増加する。松藤ら¹⁹⁾が指摘したように、最終処分の維持管理費用では規模の経済が働きにくいことがわかる。また1%の焼却残渣率増に伴い、平均費用はtonあたり7.3~7.4%減少するのに対し、1人あたりでは約6.7%増加する。処理残渣については1%の増加に伴い、平均費用はtonあたり約3.5%減少するのに対し、1人あたりでは約4.8%増加する。このように重量あたりでみた場合、残渣の最終処分には規模の経済があるといえるが、これは残渣の容積が小さいことによると考えられる。一方、1人あたりの平均費用でみた場合には規模の経済がみられず、注意を要する。処分場数については、一つ増加するごとに最終処分の平均費用はtonあたり23~24%、1人あたり約34%増加し、焼却施設同様、設置数増加に伴う平均費用の増加が確認された。

経済的・地理的要因について、事業系廃棄物の比率が1%増加すると、収集運搬の平均費用はtonあたり・1人あたりともに約0.9%減少する。Chifariら¹²⁾でも事業系廃棄物の増加が収集・処理費用全体を減少させる効果が確認されたが、本研究の結果は、それが収集運搬費用の低減によることを示している。事業系一般廃棄物は自治体の収集ではなく、排出事業者による委託収集で行われているため、事業者が負担する委託費用は本研究で対象としている自治体の収集運搬費用には含まれていない。また1%の面積増加に伴い、収集運搬の平均費用はtonあたり約0.04%、1人あたり約0.03%増加する。一方、離島については、行政区域内に離島を含む場合も含め、収集運搬・中間処理・最終処分の全部門で平均費用の増加がみられた。Chifariら¹²⁾でも、離島やそれを含む場合、収集処理全体と中間処理における費用増加が確認されたが、本研究ではそれに加えて、収集運搬費用の増加も確認した。離島では島内に処理施設がない場合、廃棄物の運搬に船舶が使われることから、収集運搬費用が高くなる傾向にあると考えられる。

4.2 市町村と組合等を分けた場合

次に、単独で処理事業を行う市町村と組合等を分け、有意でない変数を除いた場合の推定結果を表3に示す。収集運搬については市町村の1人あたりと組合等のモデルで、最終処分についてはtonあたり・1人あたりの両モデルで「離島」「離島を含む」のいずれの変数も有意でなかったため、モデル1と2を区別しない結果を示す。最終処分の一部で決定係数が低いモデルがあるものの、

それ以外はおおむね良好な結果である。

規模の経済については、1%の人口増に伴い、tonあたり平均費用は収集運搬の場合、市町村で0.08~0.09%、組合等で約0.2%減少し、中間処理と最終処分では市町村で約0.2%、組合等で約0.3%減少する。また1%の収集・処理量増に伴い、1人あたり平均費用は収集運搬の場合、市町村で約0.07%、組合等で約0.2%の減少、中間処理の場合、市町村で約0.2%、組合等で約0.3%の減少、最終処分の場合、市町村・組合等ともに約0.2%減少する。このように、収集運搬と中間処理では組合等のほうが市町村より規模の経済の効果が大きい結果となったが、この要因については4.3で検討する。1人1日排出量の1%増加については、収集運搬と最終処分では市町村でのみ有意な影響が確認され、4.1の全自治体を対象にした場合と同様の傾向がみられた。中間処理では、tonあたり平均費用は市町村で0.4~0.5%、組合等で有意水準10%ではあるが約0.3%減少する。一方、1人あたり平均費用は市町村で0.7~0.8%、組合等では約0.8%増加し、市町村と組合等で同様の傾向が確認された。

収集方法については、可燃ごみの収集頻度が週1回増えると、収集運搬のtonあたり平均費用は市町村では9.7~9.8%、組合等では約46%の減少が、1人あたり平均費用は市町村で約7.6%、組合等では約35%の減少が確認された。プラ製容器の収集頻度については市町村でのみ正の有意な影響が確認され、4.1と同様の傾向が確認された。このように市町村より組合等で収集頻度増加に伴う平均費用の減少や増加の抑制がみられる要因については、4.3で検討する。一方、分別品目数が1つ増えると、収集運搬の平均費用はtonあたり・1人あたりともに、市町村では1.0~1.1%減少する一方、組合等では有意な影響は確認されなかった。最終処分の平均費用については、tonあたり・1人あたりともに市町村では約0.03%の減少、組合等では同程度の増加が確認された。組合等でのみ分別品目の増加が最終処分の平均費用を増加させる原因について、本研究の分析だけでは不明である。収集運搬の民間委託率については市町村でのみ有意な影響が確認され、4.1とおおむね同様の傾向が確認された。

次に処理方法に関して、粗大ごみの破碎圧縮率については、市町村でのみ正の有意な影響がみられ、4.1と同様の傾向が確認された。リサイクル率についても収集運搬と最終処分では市町村でのみ正の有意な影響がみられ、4.1と同様の傾向が確認されたが、中間処理では市町村・組合等ともに有意な影響が確認されなかった。RDF化については、市町村・組合等ともに正の有意な

表 3 市町村と組合等別の部門ごとの費用に関する推定結果

変数	収集運搬				中間処理				最終処分			
	市町村 (n=1,433)		組合等 (n=61)		市町村 (n=753)		組合等 (n=348)		市町村 (n=911)		組合等 (n=294)	
人口 (log)	-0.0831** (0.0107)	-0.0861** (0.0108)	-0.229** (0.0701)	ton あたり 1人あたり 平均費用	ton あたり モデル1 モデル2	1人あたり モデル1 モデル2	ton あたり モデル1 モデル2	1人あたり モデル1 モデル2	ton あたり 平均費用	1人あたり 平均費用	ton あたり 平均費用	1人あたり 平均費用
収集・処理量* (log)												
ごみ排出量 (log)	-0.121* (0.0698)	-0.0662** (0.0104)	-0.184** (0.0772)									
事業系廃棄物比率	-0.904** (0.177)	-1.035** (0.156)	-0.967** (0.170)									
可燃ごみ収集頻度	-0.0973** (0.0271)	-0.0976** (0.0272)	-0.0758** (0.0260)									
プラ製容器収集頻度	0.0386** (0.00781)	0.0398** (0.00785)	0.0343** (0.00765)									
分別品目数	-0.0105** (0.00268)	-0.0103** (0.00269)	-0.0107** (0.00269)									
収集運搬長間委託率	-0.131** (0.0437)	-0.132** (0.0438)	-0.112** (0.0441)									
破砕圧縮率	0.0428** (0.0106)	0.0395** (0.0106)	0.0271** (0.0103)									
RDF化率	0.895** (0.386)	0.866** (0.390)	0.885** (0.386)									
リサイクル率	0.740** (0.197)	0.725** (0.196)	0.739** (0.197)									
直接埋立率	0.363** (0.0440)	0.390** (0.0436)	0.361** (0.0439)									
焼却残渣率	0.364** (0.0995)	0.365** (0.0988)	0.364** (0.0994)									
処理残渣率	0.492** (0.134)	0.499** (0.134)	0.494** (0.134)									
焼却施設数	0.0428** (0.0106)	0.0395** (0.0106)	0.0271** (0.0103)									
溶融炉 (D)	0.229** (0.104)	0.130** (0.0603)	0.166** (0.0886)									
処分場数	4.610** (0.476)	3.859** (0.137)	3.459** (0.649)									
面積 (log)	0.0428** (0.0106)	0.0395** (0.0106)	0.0271** (0.0103)									
離島 (D)	0.229** (0.104)	0.130** (0.0603)	0.166** (0.0886)									
離島含む (D)	4.610** (0.476)	3.859** (0.137)	3.459** (0.649)									
定数項	0.229 (0.476)	0.186 (0.137)	0.317 (0.716)									
自由度修正決定係数	0.229	0.186	0.317									

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1, 括弧内はロバスト修正済み標準誤差, (D) はダミー変数を表す

* 収集運搬の場合は計画収集量, 中間処理の場合は計画収集量 + 直接搬入量 + 集団回収量, 最終処分の場合は中間処理後残渣を含む最終処分量を表す

影響が確認された。最終処分では1%の直接埋立率増に伴い、tonあたり平均費用は市町村で約2.0%、組合等で約3.1%減少するのに対し、1人あたり平均費用は市町村で約4.0%、組合等で約4.8%増加する。また焼却残渣については、市町村・組合等ともにおおむね同様の傾向が確認された。処理残渣については、tonあたり平均費用は市町村で約3.0%、組合等で約5.4%減少し、1人あたり平均費用は市町村で約5.4%増加するが、組合等では有意な影響は確認されなかった。このように一部の処理方法では組合等で有意な影響がみられなかった理由は、本研究の分析だけでは不明である。焼却施設数の増加については市町村・組合等ともに平均費用を増加させるが、組合等のほうが費用の増加が抑制される結果となった。中間処理を目的とした組合等の場合、設立当初から処理の効率化を念頭に置いた施設整備が行われていることが費用に影響している可能性がある。最終処分場については市町村でのみ正の有意な影響が確認され、組合等では焼却施設同様に費用の増加が抑制される傾向がうかがえる。

経済的・地理的要因に関しては、収集運搬における事業系廃棄物の比率と自治体面積については、市町村でのみ4.1と同様の有意な影響が確認されたが、これは収集運搬を目的とした組合等の数が少ないことが影響している可能性がある。また、離島については行政区域内に離島を含む場合も含め、収集運搬の平均費用は市町村のみ正の有意な影響を確認し、中間処理の平均費用はtonあたり・1人あたりともに市町村よりも組合等で増加率の高い傾向が確認された。組合等における構成市町村数については、すべてのモデルで有意な影響は確認されず、構成市町村が増加することに伴う効率性の低下は認められなかった。

4.3 費用の内訳を考慮した場合

最後に、収集運搬において市町村と比べ組合等で費用が低くなる傾向にあることや、組合等でより大きな規模の経済が確認されたことの要因を分析するために、費用の内訳を考慮した分析を行う。具体的には、一般廃棄物処理実態調査結果で分類されている費目である、人件費（一般職と技能職）、収集運搬・処理費、委託費のそれぞれを被説明変数として、4.1と同様に、組合等の場合に1となるダミー変数を含め、各説明変数の影響を推定する。ただし先述のとおり、一般職の人件費は部門ごとに分割されていないため、全額が分析対象となる各部門に割り当てられる場合を仮定して分析する。表4に一般職の人件費を除く費目別の自治体あたりの平均費用と割合を示す。表に示すように、全部門において金額（平均費用）・割合ともに最も大きいのが委託費であり、割合では特に収集運搬と最終処分で大きい。市町村と組合等を金額で比較すると、収集運搬では市町村のほうが大きい傾向がある。

自治体によっては、一部費目で支出がない場合があり、被説明変数が0となる場合が発生することから、費目別の分析では分布の歪みを補正して推定するトービットモデルを用いる[†]。また、一般職の人件費を含んだ場合の影響を確認するために、4.2までの分析で対象とした技能職の人件費、収集運搬・処理費、委託費に一般職の人件費を加えた平均費用を被説明変数としたモデルも最小二乗法により推定する。

収集運搬、中間処理、最終処分における費目別の推定結果を表5から表7に示す。離島のダミー変数（モデル1か2か）については、離島とそれを含む場合の両方の変数が有意な場合は、赤池の情報量基準（AIC）を比較し、それが小さいほうの結果のみを示している。表に示

表4 費目別の平均費用と割合

単位：千円

	収集運搬		中間処理		最終処分	
	市町村	組合等	市町村	組合等	市町村	組合等
職能職人件費	96,729.6 (28.3%)	9,976.4 (6.7%)	50,917.9 (9.6%)	46,957.2 (6.8%)	5,106.8 (8.4%)	2,470.9 (3.7%)
収集運搬・処理費	24,844.2 (7.3%)	10,237.0 (5.5%)	171,239.6 (32.2%)	302,654.3 (43.9%)	18,424.8 (30.1%)	14,595.7 (21.9%)
委託費	222,385.9 (65.0%)	148,024.4 (87.8%)	309,542.3 (58.2%)	339,870.5 (49.3%)	37,619.1 (61.5%)	49,561.7 (74.4%)

括弧内は各部門における職能職人件費、収集運搬・処理費、委託費の3費目に占める各費目の割合を表す

[†]4.2までの分析同様、被説明変数である平均費用を対数変換するが、費用が0の場合、そのままでは対数変換できないため、元の平均費用に1を足してから対数変換する

表5 収集運搬の費用内訳別の推定結果

n=1,496

変 数	一般職人件費 (Tobit)		技能職人件費 (Tobit)		収集運搬費 (Tobit)		委託費 (Tobit)		総費用 (OLS)	
	tonあたり	1人あたり	tonあたり	1人あたり	tonあたり	1人あたり	tonあたり	1人あたり	tonあたり	1人あたり
人口 (log)	0.190*** (0.0189)		0.498*** (0.0338)				-0.0423** (0.0173)		-0.0697*** (0.0107)	
収集運搬量 (log)		0.0752*** (0.0101)		0.259*** (0.0182)				-0.0495*** (0.0115)		-0.0572*** (0.0104)
1人1日排出量 (log)		0.237*** (0.0791)		0.677*** (0.240)				0.465*** (0.0778)		0.795*** (0.0728)
事業系廃棄物比率			-1.393*** (0.488)	-0.820*** (0.286)			-0.791*** (0.230)	-0.537*** (0.182)	-1.042*** (0.161)	-1.009*** (0.171)
可燃ごみ収集頻度					-0.113* (0.0611)		-0.0774** (0.0373)	-0.0496** (0.0247)	-0.102*** (0.0250)	-0.0736*** (0.0235)
プラ製容器収集頻度			0.0719*** (0.0228)	0.0414*** (0.0125)	0.0608*** (0.0181)	0.0328*** (0.0102)		0.0153* (0.00860)	0.0371*** (0.00751)	0.0331*** (0.00729)
分別品目数					-0.0119* (0.00645)	-0.00835** (0.00358)			-0.00854*** (0.00256)	-0.00931*** (0.00257)
収集運搬委託率	-0.386*** (0.0931)	-0.224*** (0.0511)	-3.692*** (0.111)	-2.100*** (0.0712)	-1.381*** (0.0878)	-0.675*** (0.0563)	1.494*** (0.0975)	1.013*** (0.0586)	-0.216*** (0.0434)	-0.204*** (0.0426)
リサイクル率	0.807** (0.341)	0.429** (0.186)					1.082*** (0.285)	0.657*** (0.193)	0.850*** (0.205)	0.754*** (0.175)
面積					0.0710*** (0.0241)	0.0346** (0.0137)	0.0652*** (0.0179)	0.0405*** (0.0118)	0.0459*** (0.0105)	0.0307*** (0.0100)
離島 (D)					0.888*** (0.249)	0.586*** (0.165)			0.276** (0.107)	
離島含む (D)	0.271** (0.115)	0.132** (0.0625)	0.330** (0.157)	0.204** (0.0912)						
組合 (D)	0.285*** (0.102)	0.138** (0.0546)					-0.453*** (0.114)	-0.319*** (0.0749)	-0.282*** (0.0699)	-0.276*** (0.0682)
定数項	-0.869*** (0.237)	-1.774*** (0.527)	-6.831*** (1.661)	-2.951*** (0.876)	1.138*** (0.217)	0.417*** (0.0933)	1.392*** (0.236)	-2.314*** (0.501)	3.889*** (0.138)	-2.972*** (0.481)
裾切サンプル数	334	334	975	975	665	665	96	96		
対数尤度	-1.874.32	-1,106.95	-1,187.07	-854.88	-1,675.02	-1,176.8	-1,805.76	-1,211.71		
擬似決定係数	0.0403	0.0622	0.2919	0.3710	0.0722	0.0860	0.1193	0.1798		
自由度修正決定係数									0.235	0.211

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1, 括弧内はロバスト修正済み標準誤差, (D) はダミー変数を表す

す擬似決定係数はマクファーデンの擬似決定係数と呼ばれる指標で、一般的な決定係数と比べ値が小さくなる傾向にあり、0.2から0.4の値でモデルの説明力が高いとされる²⁰⁾。収集運搬の技能職人件費等を除いて、擬似決定係数が低く、説明力が低いモデルが含まれることに注意が必要である。

まず技能職の人件費、収集運搬・処理費、委託費における組合の変数に注目すると、全部門で委託費が、加えて中間処理では技能職人件費が負に有意である一方で、中間処理費が正に有意である。この結果から組合等では委託費の節約によって費用を抑制している可能性を指摘できる。表4に示したように、特に収集運搬と最終処分では、組合等における事業全体に占める委託費の割合が非常に大きく、委託費削減の影響も大きいと考えられる。委託費の割合が大きいたが費用削減の動機づけになっている可能性もある。一方、中間処理に関しては、特に組合等設立の目的が処理施設の設置に関わる場合、事業

そのものも組合等が直営で実施する傾向が強まることで、表4に示したように、組合等における委託費の割合が市町村と比べ小さく、中間処理費の割合が大きくなる可能性がある。また規模の経済との関係では、収集運搬・処理費が廃棄物量や人口と比例的な関係になりやすいのに対し、人件費や委託費は一定の範囲では固定的な面もあることが、人件費や委託費の平均費用を低下させやすい要因の一つと推測される。

一般職の人件費については、収集運搬では正の、中間処理では負の有意な影響が観察される。一般職の人件費を含めた総費用の平均費用で推定した場合、収集運搬と最終処分では組合等の変数が負に有意であることから、全体としてみれば組合等の費用効率性が確認できる。一方、今後の人口減少を踏まえれば、収集・処理量の減少が見込まれるが、全部門でtonあたり・1人あたりともに負の有意な影響が観察され、人口減少に伴い、平均費用が増加する可能性を示している。

表6 中間処理の費用内訳別の推定結果

n=1,101

	一般職人件費 (Tobit)		技能職人件費 (Tobit)		中間処理費 (Tobit)		委託費 (Tobit)		総費用 (OLS)	
	ton あたり	1人あたり	ton あたり	1人あたり	ton あたり	1人あたり	ton あたり	1人あたり	ton あたり	1人あたり
人口 (log)	0.0568** (0.0237)				-0.103** (0.0483)		-0.0553** (0.0263)		-0.167*** (0.0236)	
中間処理量 (log)				-0.0643** (0.0274)		-0.0951*** (0.0315)		-0.0611*** (0.0192)		-0.179*** (0.0219)
1人1日あたり 排出量 (log)		0.356*** (0.0805)	0.376** (0.180)	0.353** (0.140)		0.625*** (0.117)	-0.426*** (0.129)	0.371*** (0.105)	-0.332*** (0.0833)	0.834*** (0.0802)
外国人比率	-5.602*** (1.832)	-2.572** (1.054)	-8.717*** (3.294)	-4.132** (1.914)						
破砕圧縮率									0.690** (0.306)	0.676** (0.310)
堆肥化率				-1.103* (0.604)						
飼料化率			26.60* (14.73)	16.42* (8.712)						
RDF化率			1.136*** (0.361)	0.598*** (0.213)	0.958*** (0.286)	0.706*** (0.194)			0.607*** (0.148)	0.588*** (0.148)
リサイクル率			-1.682*** (0.455)	-0.797*** (0.303)						
焼却残渣率							-1.869*** (0.568)	-1.348*** (0.411)		
処理残渣率		-0.704** (0.345)		-1.609* (0.947)			1.827*** (0.581)	1.328*** (0.441)		
焼却施設数	0.0616** (0.0309)	0.0461*** (0.0165)	0.238*** (0.0794)	0.158*** (0.0554)	0.379** (0.155)	0.252** (0.101)	0.0539* (0.0295)	0.0424* (0.0217)	0.193** (0.0754)	0.201*** (0.0747)
溶融炉 (D)	-0.111* (0.0590)	-0.0579* (0.0344)					0.595*** (0.0820)	0.488*** (0.0671)	0.370*** (0.0601)	0.396*** (0.0582)
離島 (D)					0.766*** (0.232)	0.614*** (0.165)			0.478*** (0.117)	
離島含む (D)										0.217*** (0.0691)
組合 (D)	-0.178*** (0.0424)	-0.0906*** (0.0259)	-0.334*** (0.0940)	-0.147*** (0.0549)	0.333*** (0.0659)	0.248*** (0.0452)	-0.287*** (0.0604)	-0.185*** (0.0440)		
定数項	0.518** (0.252)	-1.853*** (0.549)	0.413*** (0.142)	-1.611* (0.930)	2.140*** (0.438)	-2.776*** (0.807)	5.673*** (0.962)	-0.606 (0.694)	6.702*** (0.647)	-2.415*** (0.569)
裾切サンプル数	126	126	546	546	139	139	139	139		
対数尤度	-1.195.27	-681.08	-1.305.25	-986.91	-1.609.00	-1.214.55	-1.457.58	-1.143.18		
擬似決定係数	0.0159	0.0530	0.0212	0.0391	0.0411	0.0745	0.0284	0.0407		
自由度修正決定係数									0.191	0.242

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1, 括弧内はロバスト修正済み標準誤差, (D) はダミー変数を表す

5. おわりに

分析の結果、収集運搬・中間処理・最終処分の全部門で規模の経済が確認され、特に中間処理と最終処分ですれが顕著であることがわかった。組合等では、単独で収集・処理を行う市町村と比べ、収集運搬に係る平均費用が低く、全部門で規模の経済の効果がより大きいことも明らかとなった。また、組合等における費用削減の要因として委託費の抑制による可能性を示した。部門ごとの区分がされていない一般職の人件費を含めた場合でも、収集運搬と最終処分では組合等が費用を抑制することを示した。これらの結果は組合等による広域処理の効率性を示すものであるが、一方で今後、廃棄物の減量が進ん

だ場合に平均費用が増加する可能性も示唆している。現在進行中の人口減少は廃棄物総排出量の減少要因となりうるが、高齢化は単身世帯の増加をもたらすとともに、高齢者の家庭での滞在時間が長いことを踏まえると、1人あたりの廃棄物排出量を増加させ、1人あたりの平均費用は増加する可能性がある。地理的要因に関しては、自治体の面積増加が収集運搬の平均費用を微増させることから、広域処理を行う際には地理的範囲の設定に注意するとともに、中継施設を設けるなど効率的な運搬体制が求められる。こうした点を踏まえて、人口減少下での効率的な廃棄物処理のあり方を検討する必要がある。

最後に本研究の課題を述べる。本研究では単年度のクロスセクションデータを用いたが、その場合、市町村固

表7 最終処分費用内訳別の推定結果

n=1,205

	一般職人件費 (Tobit)		技能職人件費 (Tobit)		最終処分費 (Tobit)		委託費 (Tobit)		総費用 (OLS)	
	tonあたり	1人あたり	tonあたり	1人あたり	tonあたり	1人あたり	tonあたり	1人あたり	tonあたり	1人あたり
人口 (log)	0.271*** (0.0429)						-0.118*** (0.0355)		-0.0671** (0.0311)	
最終処分量 (log)						-0.0405*** (0.00849)		-0.0871*** (0.0128)		-0.127*** (0.0248)
1人1日排出量 (log)		0.267*** (0.0796)	1.291*** (0.464)	0.222*** (0.0783)		0.278*** (0.0639)		0.356*** (0.0867)		0.903*** (0.153)
外国人比率				-1.990* (1.099)	-7.194* (4.083)					
分別品目数									-0.0146** (0.00703)	-0.0138** (0.00642)
リサイクル率					0.0224*** (0.00463)				0.0123*** (0.00474)	0.00674** (0.00278)
直接埋立率	-4.297*** (0.516)		-2.176** (1.017)				-1.563*** (0.419)	1.535*** (0.206)	-3.396*** (0.323)	2.166*** (0.264)
焼却残渣率	-11.91*** (1.316)	-6.164*** (2.351)					-5.808*** (1.520)	2.177*** (0.334)	-9.354*** (2.042)	3.663*** (0.673)
処理残渣率	-6.330*** (1.405)		-7.515** (3.663)				-1.837* (1.051)	1.835*** (0.497)	-4.952*** (0.760)	2.524*** (0.670)
処分場数		0.0393*** (0.0149)	1.177*** (0.108)	0.164*** (0.0199)	0.998*** (0.0774)	0.201*** (0.0188)	-0.192*** (0.0558)	-0.0386** (0.0173)	0.0978*** (0.0371)	0.209*** (0.0358)
離島 (D)									0.445*** (0.141)	0.293** (0.128)
組合 (D)							-0.297*** (0.105)	-0.0603** (0.0285)	-0.245*** (0.0746)	-0.156** (0.0643)
定数項	0.958* (0.516)	-1.352** (0.540)	-10.61*** (3.127)	-1.885*** (0.536)	-0.0401 (0.135)	-1.650*** (0.426)	4.165*** (0.403)	-1.620*** (0.559)	5.279*** (0.432)	-5.486*** (1.060)
裾切サンプル数	157	157	336	336	356	356	117	117		
対数尤度	-2.143.61	-781.62	-1.154.89	-509.33	-1.913.46	-629.53	-2.167.49	-850.65		
擬似決定係数	0.0642	0.0194	0.0555	0.0954	0.0655	0.1451	0.0176	0.1258		
自由度修正決定係数									0.215	0.159

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1, 括弧内はロバスト修正済み標準誤差, (D) はダミー変数を表す

有の効果が費用に影響している可能性を排除できない。今後、複数年度のパネルデータに拡張することで、より統計学的に頑健な分析となりうる。もう一つは、本研究では考慮しなかった処理施設等の建設費用についての取り扱いである。施設建設には国からの補助金等もあるが、処理事業に関する費用を幅広く議論する上では建設費用を含む総費用にも注目すべきである。また、市町村と比べた組合等の費用効率性の要因として、委託費の抑制をあげたが、競争入札の有無等、委託先との契約方法も費用に影響すると考えられ、今後さらに詳細な分析が求められる。

【謝辞】

本稿作成に際して、編集委員と査読者より大変有益なコメントをいただいた。ここに記して謝意を表します。本研究はJSPS 科研費 JP17K00678 の助成を受けている。

参考文献

- 1) 環境省：第四次循環型社会形成推進基本計画 平成30年6月(2018)
https://www.env.go.jp/recycle/circul/keikaku/keikaku_4.pdf (閲覧日2020年8月26日)
- 2) 内閣府：令和元年版高齢社会白書(2019)
<https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2019/html/zenbun/index.html> (閲覧日2020年8月26日)
- 3) 鄭智允：廃棄物行政のあり方に関する考察——廃棄物関連一部事務組合を中心に——, 自治総研 通巻第415号(2013年5月号), pp.82-112(2013)
- 4) 横道清孝：時代に対応した広域連携のあり方について, 都市とガバナンス, 第20巻, pp.10-17(2013)
- 5) 環境省：一般廃棄物処理事業実態調査の結果(平成30年度)(2018)
https://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h30/index.html (閲覧日2020年8月11日)
- 6) 総務省：広域連携の仕組みと運用について(2018)
https://www.soumu.go.jp/main_content/000196080.pdf (閲覧日2020年8月11日)
- 7) 若生幸也：広域連携手法のメリット・デメリットと活用イメージ, 地方財務, 2018年8月号, pp.198-205(2018)
- 8) G. Bel and M. E. Warner: Inter-municipal Cooperation

- and Costs : Expectations and Evidence, Public Administration, Vol. 93, No. 1, pp. 52-67 (2015)
- 9) T. Sasao : Cost Efficiency of Regional Waste Management and Contracting Out to Private Companies, In M. Kojima (Ed.), Regional Waste Management — Intermunicipal Cooperation and Public and Private Partnership, ERIA Research Project Report, No. 11, pp. 83-121 (2020)
- 10) 碓井健寛 : 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, 第 6 号, pp. 417-425 (2007)
- 11) 山本雅資 : 一般廃棄物の収集運搬費用の経済分析, 環境経済・政策研究, 第 2 巻, 第 1 号, pp. 39-50 (2009)
- 12) R. Chifari, S. L. Piano, S. Matsumoto and T. Tasaki : Does Recyclable Separation Reduce the Cost of Municipal Waste Management in Japan?, Waste Management, Vol. 60, pp. 32-41 (2017)
- 13) 石村雄一, 竹内憲司 : 廃棄物処理の広域化における費用効率性に関する実証分析, 環境経済・政策学会 2018 年大会報告論文 (2018)
- 14) 環境省 : 一般廃棄物処理実態調査結果 (平成 29 年度調査結果) (2017)
http : //www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h29/index.html (閲覧日 2020 年 8 月 26 日)
- 15) 国土地理院 : 平成 29 年全国都道府県市区町村別面積調
https : //www.gsi.go.jp/KOKUJYOHO/OLD-MENCH O-title.htm (最終閲覧日 2020 年 8 月 26 日)
- 16) R. Halvorsen and R. Palmquist : The Interpretation of Dummy Variables in Semilogarithmic Equations, American Economic Review, Vol. 70, No. 3, pp. 474-475 (1980)
- 17) 村上進亮, 藤井 実, 南齋規介, 橋本征二, 大迫政浩, 森口祐一 : 地理的特性を考慮した収集・運搬費用算定モデル, 廃棄物学会論文誌, 第 19 巻, 第 3 号, pp. 225-234 (2008)
- 18) タクマ環境技術研究会 : 基礎からわかるごみ焼却技術, オーム社 (2017)
- 19) 松藤敏彦, 大原佳祐 : 一般廃棄物最終処分コストの分析および標準費用モデルの作成, 廃棄物資源循環学会論文誌, 第 21 巻, 第 1 号, pp. 30-43 (2010)
- 20) 土木学会 : 非集計行動モデルの理論と実際, 土木学会 (1995)

Econometric Analysis of Municipal Waste Collection and Disposal Costs :

A Comparison of Municipalities and Inter-municipalities

Toshiaki Sasao

Faculty of Humanities and Social Sciences, Iwate University
(3-18-34 Ueda, Morioka 020-8550 Japan)

Abstract

In order to enforce sustainable waste management, it is crucial to grasp the actual cost impacts of waste collection, transportation, and disposal methods. In much of the literature analyzing waste management costs, the use of econometric analysis is not sufficient to understand each sector of waste collection, transport, intermediate disposal, and final disposal, nor to compare the differences between municipalities that independently conduct waste management and inter-municipalities that cooperate with other municipalities in them. This paper analyzes management costs for municipal solid waste, considering each sector of waste management and the differences between municipalities and inter-municipalities. The results of the study show that economies of scale are observed in all sectors of waste collection, transport, intermediate disposal, and final disposal. This was found particularly remarkable in intermediate disposal and final disposal. The paper also clarifies that the average cost of waste collection and transport is lower in inter-municipalities, and the economies of scale are larger in inter-municipalities than in municipalities that collect independently. In addition, it points out the possibility of reducing outsource costs as a means of reducing costs in inter-municipalities.

Keywords : waste management, collection, cost, economies of scale, regional waste management