

2024年度 統計データ分析コンペティション

審査員奨励賞 [大学生・一般の部]

ごみの削減とリサイクルを推進する要因
—環境ボランティアは、ごみ削減の効果を持つのか—

市村 遼、甲斐 千尋、松尾 倫太郎、柳内 怜子
(中央大学商学部)

黒岩 陸、齋藤 来未 (中央大学文学部)

ごみの削減とリサイクルを推進する要因

—環境ボランティアは、ごみ削減の効果を持つのか—

市村 遼*1・甲斐 千尋*1・松尾 倫太郎*1・黒岩 陸*2・柳内 怜子*1・齋藤 来未*2・

*1: 中央大学 商学部

*2: 中央大学 文学部

1. 研究のテーマと目的

現代社会において、ごみをどのように処理するかは環境保護や持続可能な発展を考える上で重要な課題となっている。都市化の進展や人口の増加に伴い、ごみの量は増加の一途をたどっており、リサイクルを行うことが求められている。リサイクルを適切に行うことができないと土壌や水質の汚染、温室効果ガスの発生、さらには生態系への悪影響等につながる可能性があり、持続可能性の観点からも、ごみの削減とリサイクルへの取り組みに同時に取り組む必要がある。

ごみのリサイクルについては、さまざまな啓発活動が行われ、環境保護団体も数多く存在する。国立環境研究所・グリーン連合(2021)による報告書⁽¹⁾では、公表されている環境NPO/NGOの数は2020年の段階で3989団体が確認されている。このようなNPO/NGOを通じたボランティア活動は、実際にごみの削減などの環境保全にどれほど役立っているのだろうか。

環境ボランティアの活動が地域の住民に与える影響を検討した研究の例として、杉浦・大沼・野波・広瀬(1998)⁽²⁾が挙げられる。彼らは、愛知県日進市における住民の意識調査から、ボランティアによるリサイクル活動が活発なエリアでは、リサイクルの実行可能性が高く認知されていることを報告している。この結果は、ボランティアの存在が、実際にリサイクル行動も促進することを示唆している。

一方、ごみの排出量の規定要因を検討した先行研究では、1人あたり所得や1人あたり床面積、世帯人員数などの生活環境のほか、自治体によるごみ収集の頻度や料金が、ごみの排出量に影響を与えていることが指摘されている。市町村データを用いた中村・宮瀬・川下(2007)⁽³⁾によるSUR回帰を用いた分析では、1人あたりのごみの排出量には、1人あたり所得・人口密度・昼夜間人口比率・ごみ収集頻度が正の効果、平均世帯人員・男女比・1人あたり床面積・人口密度2乗・分別種類数およびごみ収集の有料化が負の効果を示していた。資源ごみについても、ごみ収集の有料化や分別の促進がごみを抑制するという知見が得られている。

それでは、こうしたごみ排出量の規定要因をコントロールしてもなお、ボランティア活動によって高まった意識は、実際にごみの減量にも効果があるのだろうか。本研究では、都道府県データ(SSDSE教育用データセット)を用いて、ごみ(生活系ごみ・事業系ごみ)の1人あたり排出量およびリサイクル率の説明モデルを検討する。

2. 研究の方法と手順

本研究で検証する仮説は次の2つである。

仮説1 環境保護活動の参加率が高い都道府県ほど、1人あたりの生活系ごみは減るだろう。

仮説2 環境保護活動の参加率が高い都道府県ほど、リサイクル率が高くなるだろう。

本研究では、「自然や環境を守るための活動に従事した人の割合」について都道府県単位のデータしか見つけられなかったため、都道府県のクロスセクションデータによる分析を行う。推定方法は、OLS(最小二乗法)回帰を用いる。

本研究の従属変数は、①1人1日あたり生活ごみの量、②1人1日あたり事業ごみの量、および③リサイクル率である。生活ごみおよび事業ごみについては、環境省「一般廃棄物処理実態調査結果」から、他のデータの取得年度に合わせて令和3年版の実績を用いた。

独立変数は、中村・宮瀬・川下（2007）および表1の相関係数を参考に、次の変数を使用する。

まず、教育用データセット(SSDSE-D-2023)より取得したデータとして、①一人あたり県民所得、②一般世帯平均人数、③一住宅あたり延べ面積、④自然や環境を守るための活動に従事した人の割合(%)を用いた。「一般世帯平均人数」は、「一般世帯人員数」と「一般世帯数」の比である。

(改行) また、環境省「廃棄物処理事業経費(令和3年度実績)」から、廃棄物処理事業経費(市区町村の合計)の特定財源のうち、「使用料及び手数料」のデータを人口10万人あたりの数値にした上で、「ごみ手数料」の指標として用いた。ごみ手数料の指標として、本来は各自治体で設定されている有料化の有無や料金を使用するのが望ましいが、ごみの有料化は市区町村で異なるため、都道府県データを用いる本研究では、代替指標として「人口10万人あたりのごみ手数料」を採用した。同様に、リサイクル率を従属変数とするモデルには、上記の独立変数に「1人1日あたり生活ごみ排出量」「1人1日あたり事業ごみ排出量」を加えた。

独立変数として、事業所数や人口密度についても検討したが、他の独立変数との相関が高くなるので、多重共線性を避けるために独立変数には含めなかった¹。

したがって、モデルとしては次の通りになる。

$$y_1 = a_1 + b_{11}x_1 + b_{12}x_2 + b_{13}x_3 + b_{14}x_4 + b_{15}x_5 + ut_1$$

$$y_2 = a_2 + b_{21}x_1 + b_{22}x_2 + b_{23}x_3 + b_{24}x_4 + b_{25}x_5 + ut_2$$

$$y_3 = a_3 + b_{31}x_1 + b_{32}x_2 + b_{33}x_3 + b_{34}x_4 + b_{35}x_5 + ut_2$$

y_1 : 1人1日あたり生活ごみ量 log

y_2 : 1人1日あたり事業ごみ量 log

y_3 : リサイクル率

x_1 : 一人あたり県民所得 log

x_2 : 一般世帯平均人数

x_3 : 一住宅あたり延べ面積 log

x_4 : 自然や環境を守るための活動従事者 (%)

x_5 : 人口10万人あたりごみ手数料収入 log

なお、リサイクル率とごみの排出量の関係については、統計コンペティションの過去の受賞論文でも検討されている。たとえば、原(2022)は、パネルデータを用いた分析で、ごみ排出量の説明変数としてリサイクル率を検討している。また、小関・黒須・杉本・守木・森田・宇留賀(2022)は、市町村データを用いて、地域特性のクラスターによってリサイクルに影響を及ぼす要因が異なることを指摘している。これらの先行研究に比べると、都道府県の単年度データを用いた本研究は素朴な分析にとどまるが、「環境ボランティアの参加率」という住民意識の変数が、実際のごみ排出量やリサイクルに影響を与えるというモデルが支持されたならば、環境に関する啓発運動の効果を示唆することになるだろう。

¹ なお、人口密度と人口密度2乗については、この2つの変数を同時に投入したモデルも検討したが、どちらの変数もこのモデルでは有意にならなかったため、最終的に除外した。

表 1. 変数間の相関係数 (Pearson' s r)

	生活ごみ 2021log	事業ごみ 2021log	ごみのリ サイクル 率	自然や環 境を守る ための活 動	一人当た り県民所 得log	人口10万 人あたり ごみ手数 料log	一住宅当 たり延べ 面積log	一般世帯 平均人数	事業所数 log	人口密度
生活ごみ2021log	1.000									
事業ごみ2021log	-0.217	1.000								
ごみのリサイクル率	-0.128	0.036	1.000							
自然や環境を守るための活動	-0.221	0.245	0.100	1.000						
一人あたり県民所得log	0.100	-.519**	0.197	-0.240	1.000					
人口10万人あたりごみ手数料log	-0.287	-0.263	.366*	-.332*	.465**	1.000				
一住宅あたり延べ面積log	0.240	.293*	-0.179	.402**	-0.203	-.635**	1.000			
一般世帯平均人数	0.157	0.126	-0.228	.452**	-0.185	-.470**	.830**	1.000		
事業所数log	-0.192	-.342*	0.205	-.407**	.540**	.922**	-.668**	-.511**	1.000	
人口密度	-0.172	-.351*	0.205	-.388**	.624**	.670**	-.655**	-.515**	.732**	1.000

* は 5%水準で有意、** は 1%水準で有意

3. データセットの加工

以上を踏まえ、分析に使用する変数は表 2 のとおりである。ごみ排出量（生活ごみ・事業ごみ）、一人あたり県民所得、人口 10 万人あたりごみ手数料収入、一住宅あたり延べ面積については、対数変換(ln)を行ったうえで分析に投入した。

表 2. 分析に用いた変数

変数	年	変数の説明	出典	SSDSE 変数名	処理
リサイクル率(%)	2021	ごみのリサイクル率	SSDSE-D-2023	H5614	
一人あたり県民所得 (千円)	2019	平成27年基準	SSDSE-D-2023	C1221	ln
一般世帯平均人数 (人)	2020	一般世帯人員数/一般世帯数	SSDSE-D-2023	A710201/A710101	
一住宅あたり延べ面積 (m ²)	2018		SSDSE-D-2023	H2130	ln
自然や環境を守るための活動 (%)	2021	自然や環境を守るための活動に過去1年間に活動した人の割合 (10歳以上)	SSDSE-D-2023	ME08	
人口10万人あたりごみ手数料 (千円)	2021	廃棄物処理事業経費 (市区町村の合計) /100,000	環境省 「廃棄物処理事業経費」 (令和3年度実績)		ln
一人1日当たり生活系ごみ排出量(g)	2021	生活系ごみ (生活系ごみ搬入量+集団回収量)*10^6/総人口/365	環境省「一般廃棄物処理実態調査結果」 (令和3年度実績)		ln
一人1日当たり事業系ごみ排出量(g)	2021	事業系ごみ (事業系ごみ搬入量)*10^6/総人口/365	環境省「一般廃棄物処理実態調査結果」 (令和3年度実績)		ln

4. データ分析の結果

(1) ごみの排出量を従属変数とする分析

表 3 は、生活ごみおよび事業系ごみの排出量を従属変数とする OLS 回帰分析の結果である。なお、VIF の値はすべて 5 未満であり、多重共線性の問題は生じていないと考えられる。Durbin-Watson 比については、生活系ごみの説明モデルではやや低いものの、許容範囲であろう。

まず生活系ごみについてみると、「自然や環境を守るための活動」の参加率、および人口 10 万人あたりのごみ手数料が統計的に有意な効果を示していた。自然環境ボランティアへの参加率が高いほど、また、ごみ手数料収入が多いほど、生活ごみは減るということを意味している。ボランティア参加の効果が有意であったことは、仮説 1 を支持するものであった。また、先行研究で示されてきたように、ごみ手数料を課す (上げる) ことで、自治体は生活ごみを減らす効果を期待することができることも確認された。

一方、事業ごみについては、県民所得、一般世帯平均人数が負の効果、住宅あたりの延べ床面積が正の効果を示していた。この結果は、一人あたり県民所得が低く、世帯人員が少ない (単身世帯が多い) 都道府県ほど、また、住宅家屋の延べ床面積の広い都道府県ほど、一人あたりの事業ごみが多いことを意味している。

表 3. 生活系ごみおよび事業系ごみの排出量を従属変数とする OLS 回帰分析結果

	生活系ごみ (1人1日当たりlog)				事業系ごみ (1人1日当たりlog)			
	B	S.E.	β	p	B	S.E.	β	p
一人当たり県民所得log	0.142	0.091	0.240	0.127	-0.699	0.177	-0.552	<.001
一般世帯平均人数	0.056	0.140	0.100	0.690	-0.607	0.272	-0.506	0.031
一住宅当たり延べ面積log	0.045	0.132	0.095	0.738	0.713	0.258	0.702	0.009
自然や環境を守るための活動	-0.040	0.016	-0.385	0.016	0.031	0.031	0.141	0.314
人口10万人当たりごみ手数料log (定数)	-0.039	0.018	-0.419	0.039	0.050	0.036	0.248	0.171
	5.269	0.775		<.001	8.984	1.509		<.001
R-sq	0.268				0.398			
調整済みR-sq	0.178				0.325			
Durbin-Watson	1.403				1.695			
N	47				47			

県民取得が負の効果を示したことは、中村・宮瀬・川下（2007）とは逆の結果であったが、これは、本研究は事業ごみ、中村らではごみの総量および資源ごみを従属変数としているという違いによると考えられる。1日あたりの事業ごみ総量（1人あたりでなく、県全体の）は、一人あたり県民所得と正の相関を示しており（ $r=.499$ ）、一般的に経済活動が活発なほど事業ごみが増えるということはいえるだろう。しかし一人あたりならずと、人口の少ないところほど、事業ごみの処理数が増えるようだ。人口の少ないところほど産業廃棄物が出やすい産業構造になるのかもしれないが、現時点では十分な考察に至らなかった。

なお、図1は、自然環境保護ボランティアの参加率と1人1日あたり生活系ごみ排出量（対数）の散布図である。生活系ごみは群馬県、福島県、徳島県、茨城県、山梨県などで多いが、環境庁²によると、これらの都道府県はごみ収集の有料化が進んでいないことが考えられる。また、福島県、茨城県、宮城県など東日本大震災の被災地では相対的に生活系ごみが多く、その影響がある可能性もある³。

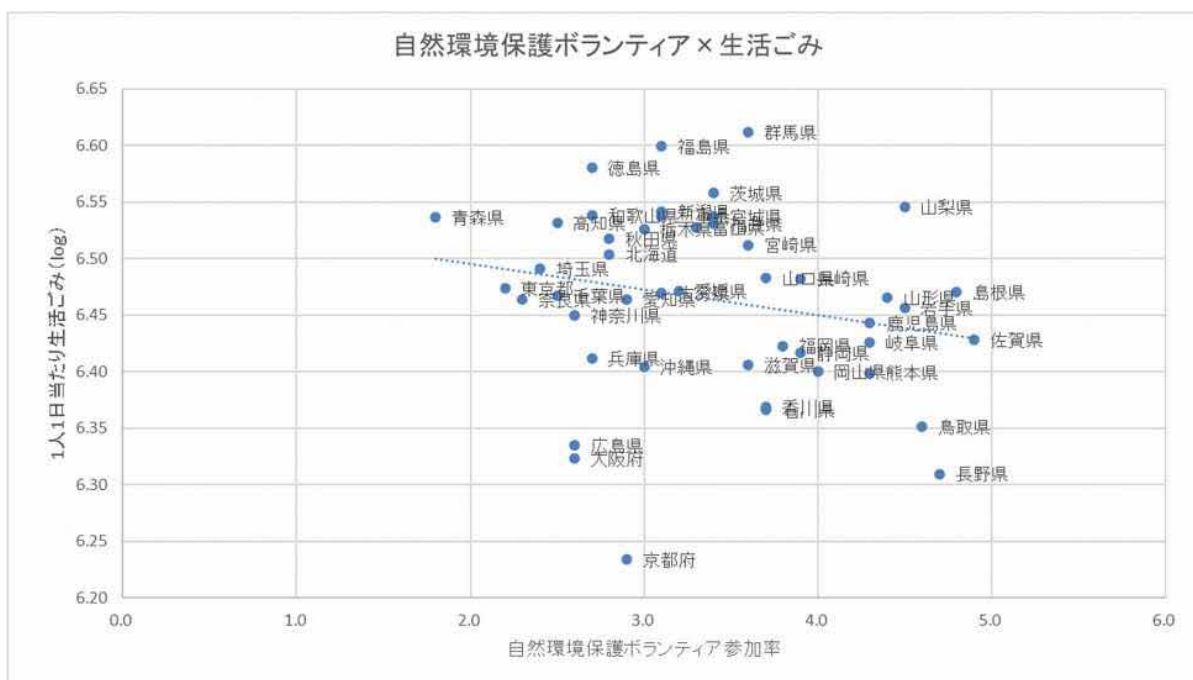


図 1. 自然環境保護ボランティアの参加率×1人1日あたり生活系ごみ

² 家庭ごみ（粗大ごみを除く）の有料化実施状況について
（令和5年度一般廃棄物処理事業実態調査結果（令和4年度実績））

<https://www.env.go.jp/content/000223957.pdf>

³ テレビュー福島、<https://newsdig.tbs.co.jp/articles/-/322226?display=1>（2023年2月10日）

(2) リサイクル率を従属変数とする分析

次にリサイクル率を従属変数とした分析の結果を表4に示す。なお、VIFの値はすべて6未満であり、深刻な多重共線性の問題は生じていないと考えられる。Durbin-Watson比も比較的良好で、残差の自己相関は無視できる。

まずモデル1として、表3と同じ独立変数のセットによる分析を行ったところ、平均世帯人数が少ない都道府県ほど、また、自然や環境を守るボランティアへの参加率が高いほど、ごみ手数料が高いほど、リサイクル率も高いという結果が得られた。また、一人あたりのごみの量(生活系ごみ、事業系ごみ)を独立変数に追加して分析を行ったところ、ごみの量の効果は有意ではなく、自然や環境を守るボランティアへの参加(ただし $p=0.052$)とごみ手数料の効果のみが残った。したがって、仮説2は支持されたといえる。

モデル1、モデル2ともに、R2乗と調整済みR2乗の差が大きく、推定モデルとしてあまり有効な変数を選択できていないといえる。したがって、本研究で検討したモデルにはまだ不十分な点が多く、あくまでも暫定的な結論でしかないが、自然や環境を守るためのボランティア活動への参加率が、ごみ手数料や世帯人数などの変数の影響をコントロールしてもなお、リサイクル率に有意な効果を示したということは、ボランティアを通じた市民の環境意識の高まりが、実際にごみを減らすということを示しているといえるのではないだろうか。環境自然保護ボランティアへの参加率と1人1日あたり生活系ごみ(対数)の単相関は $r=-.221$ と高くはなく、散布図では明確な関係はわかりにくい(図2)、リサイクル率が高い山口県・鳥取県は、ボランティア参加率も相対的に高いようだ。なお、山口県では焼却灰をセメントに再利用する試みも、地元企業の共同出資で行われているという⁽³⁾。同様の取り組みは、後に述べる八王子市などでも行われており、リサイクルを産業化する企業の存在も有効であることがわかる。

表4. リサイクル率を従属変数とする OLS 回帰分析

	モデル1				モデル2			
	B	S.E.	β	p	B	S.E.	β	p
一人当たり県民所得log	1.379	4.929	0.044	0.781	3.655	5.734	0.115	0.528
一般世帯平均人数	-13.925	7.575	-0.465	0.073	-11.514	8.029	-0.384	0.160
一住宅当たり延べ面積log	9.966	7.170	0.393	0.172	6.521	7.876	0.257	0.413
自然や環境を守るための活動	1.777	0.849	0.323	0.043	1.858	0.926	0.337	0.052
人口10万人当たりごみ手数料log	2.427	0.992	0.484	0.019	2.399	1.068	0.479	0.030
生活系ごみ2021一人1日g					0.009	0.014	0.101	0.544
事業系ごみ2021一人1日g					0.017	0.016	0.185	0.293
(定数)	-21.346	41.979		0.614	-39.423	45.887		0.396
R-sq	0.254				0.277			
調整済みR-sq	0.163				0.148			
Durbin-Watson	1.688				1.716			
N	47				47			

5. 結果の解釈

本研究では、都道府県データを用いて、1人1日あたりごみ排出量(生活系・事業系)、およびリサイクル率を従属変数とする分析を行った。その結果、自然環境ボランティアへの参加率が高いほど、また、ごみ手数料収入が多いほど、生活系ごみは減るといった知見が得られた。また、事業ごみについては、県民所得、一般世帯平均人数が負の効果、住宅あたりの延べ床面積が正の効果を示しており、自然環境ボランティアの効果は有意ではなかった。

一方、リサイクル率を従属変数とした分析では、自然環境ボランティアへの参加率とごみ手数料がリサイクル率を高めるといった結果が得られた。こちらのモデルについては、リサイクルがさかんだからボランティアも

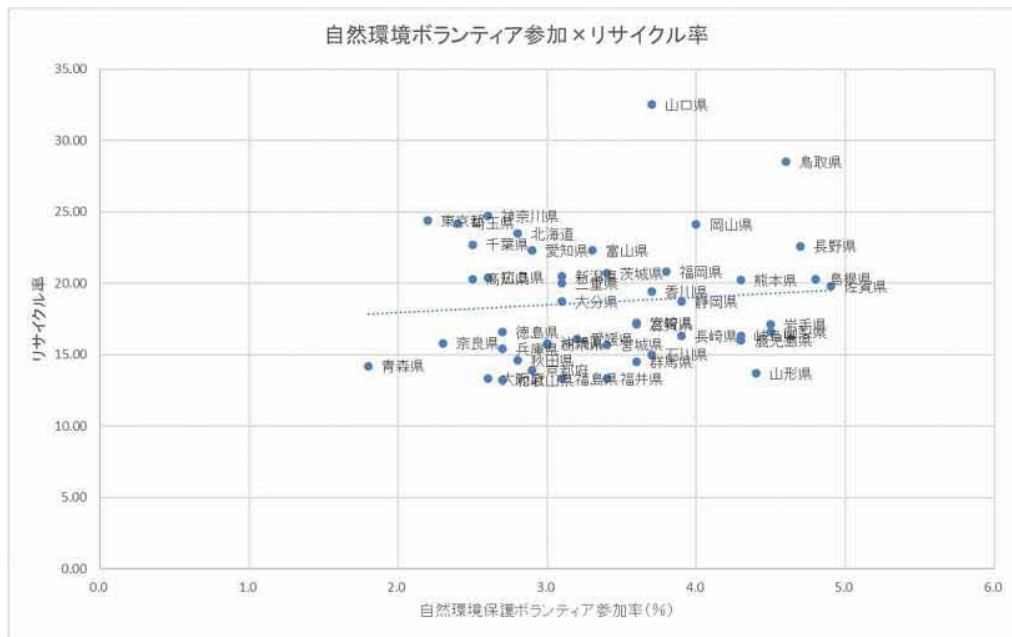


図2. 自然環境ボランティアへの参加×リサイクル率

さかんという逆方向の因果の可能性もある。しかし、せいぜい数%のボランティア参加率の違いが、ごみの減量効果を持つということは、たとえ自分自身が参加しなくても、地域の環境ボランティアの活動が、ごみ減量やリサイクルを促進することを示唆している。

以上の結果から、仮説1，および仮説2はともに支持されたといえるだろう。自然環境ボランティアへの参加の効果が、事業系ごみではなく生活系ごみでのみ確認されたことは、ボランティアによる意識の高まりが、住民個人で減量できる生活系ごみを減らす効果があるということである。環境保護の啓発活動が、実質的な効果を持つ可能性を持つことを示せたという点で、本研究の意義は大きいと考える。

本研究の結果から提言できることは次の2点である。

第1に、先行研究でも指摘されてきたとおり、ごみ回収の有料化は、ごみの削減とリサイクルに有効な対策であるということである。ごみ処分の財源を確保することで、リサイクル施設建設・運営の費用もねん出しやすくなるだろう。分別の徹底もあわせて、「ごみ廃棄のコスト」を（不法廃棄に流れない程度に）高めることは効果的である。

第2に、ボランティア参加経験を高めるために、自治体が啓発活動を行ったり、ボランティア団体を支援する、あるいは行政主導の機会を作ることで、ごみの削減の意識を高められるということである。

一方で、本研究には次のような限界もある。

第1に、ボランティア参加データを投入するため、都道府県データしか用いられていないということである。ごみ処理は市区町村の管轄で、同じ都道府県内でも処理の状況が市区町村によって異なるため、本来であれば市区町村のデータを用いて分析することが望ましい。ボランティアの参加や意識に関する市区町村データが利用できれば、より説得力のある分析ができるだろう。たとえば、表5は、環境省による「3R（ごみの reduce, recycle, reuse）の自治体ベスト3」である。これを見ると、人口規模の小さい自治体ほど、ごみの減量やリサイクルに成功しており、きめ細かい対策ができることが重要であることが読みとれる。一方で、八王子市や小金井市など、東京都内の自治体でもごみ政策に一定の成功を収めているところもある。例として八王子市は、応募者の大学の所在自治体でもあるが、指定収集ごみ袋の有料化とごみの戸別収集を2004年10月から

開始している。これは30万人以上の都市では全国で初めてのことであったという⁽⁷⁾。

第2に、とくに事業系ごみの排出量を規定する要因について、十分な説明モデルを構築できなかったということである。これについても市区町村データ、あるいはそれに地域などを組み込んだマルチレベル分析などを行うことによって、さらに詳細な検討を行うことが望まれるだろう。

表5. 3R (reduce, recycle, reuse) の自治体ベスト3 (環境省、2023)

	人口10万人未満	人口10万人以上 50万人未満	人口50万人以上
リデュース (1人1日当たりの ごみ排出量) 全国：890 g/人日	1. 長野県 南牧村 306.6 g/人日 2. 長野県 川上村 327.6 g/人日 3. 徳島県 神山町 378.9 g/人日	1. 静岡県 掛川市 622.6 g/人日 2. 東京都 日野市 630.7 g/人日 3. 東京都 小金井市 635.3 g/人日	1. 東京都 八王子市 748.2 g/人日 2. 京都府 京都市 757.8 g/人日 3. 愛媛県 松山市 761.0 g/人日
リサイクル (リサイクル率 (23))	1. 北海道 豊浦町 87.1 % 2. 鹿児島県 大崎町 81.6 % 3. 徳島県 上勝町 79.9 %	1. 神奈川県 鎌倉市 52.6 % 2. 東京都 小金井市 44.8 % 3. 東京都 国分寺市 44.5 %	1. 千葉県 千葉市 33.3 % 2. 東京都 八王子市 27.3 % 3. 愛知県 名古屋市 26.7 %
エネルギー回収 (ごみ処理量当たりの 発電電力量) 全国：320 kWh/トン	1. 愛知県 名古屋市 (名古屋市北名古屋工場) 2. 群馬県 太田市外三町広域清掃組合 (太田市外三町広域清掃組合クリーンプラザ) 3. 茨城県 水戸市 (水戸市清掃工場 (ごみ焼却施設))		790 kWh/トン 746 kWh/トン 719 kWh/トン

出典：環境省 報道発表資料「再生循環一般廃棄物の排出及び処理状況等（令和3年度）について」

参考文献

- (1) 国立環境研究所・グリーン連合「日本の環境 NPO/NGO の活動と課題に関するアンケート調査報告書」
<https://www.nies.go.jp/whatsnew/jqjm1000000xlvct-att/jqjm1000000x1xh3.pdf>. 2021年.
- (2) 杉浦淳吉・大沼進・野波寛・広瀬幸雄「環境ボランティアの活動が地域住民のリサイクルに関する認知・行動に及ぼす効果」『社会心理学研究』13 (2) 143-151, 1998年.
- (3) 川瀬晃弘・宮下量久・中村匡克「ごみ減量政策とリサイクル促進政策の効果」, 『計画行政』, 30(4)61-68, 2007年.
- (4) 原明美「生活系ごみ排出量と事業系ごみ排出量による回帰分析」2022年度統計データ分析コンペティション統計活用奨励賞受賞論文, 2022年
- (5) 小関敦生・黒須咲菜・杉本果穂・守木悠太郎・森田花梨・宇留賀大誠「リサイクル活動に対する地域・政策要因の研究 -主成分分析・階層的クラスタリングを用いた市町村別分析-」2022年度統計データ分析コンペティション統計数理賞受賞論文, 2022年
- (6) 環境省 報道発表資料「再生循環一般廃棄物の排出及び処理状況等（令和3年度）について」2023年03月30日, https://www.env.go.jp/press/press_01383.html.
- (7) 環境省 有料化検討事例集 https://www.env.go.jp/recycle/waste/tool_gwd3r/ps/ps_ref1-R403.pdf