

秋田市の混合ごみ有料化政策が生活系ごみ排出量に与える影響

— 合成コントロール法を用いて —

熊丸博隆

Effects of Unit-Based Pricing on Municipal Solid Waste in Akita-City

— Using Synthetic Control Method —

KUMAMARU, Hirotaka

Abstract

This study estimates the impact of the unit-based pricing policy on municipal solid waste in Akita City using the synthetic control method. The obtained results show that the emission of municipal solid waste generated per person in Akita City decreased by about 40 kg per year compared to before the introduction of the unit-based pricing policy. This value is equivalent to a 17% reduction in municipal solid waste in Akita City, suggesting that Akita City's unit-based pricing policy has been effective.

キーワード：ごみ有料化, 生活系ごみ, 秋田県, 市町村データ, 合成コントロール法

Key Words: Unit-Based Pricing, Municipal Solid Waste, Akita-Prefecture, Municipal Data, Synthetic Control Method

1. はじめに

日本の一般廃棄物排出量は2000年頃の5400万tonをピークに現在減少傾向であり、2020年では総排出量が4,167万ton、1人1日当たりのごみ排出量はおおよそ900g(1人年間328kg)である(環境省2022)。この減少の要因としては、リサイクルによる資源化量の増加、自治体によるごみ有料化政策の導入、レジ袋の有料化、企業による容器包装軽量化などが挙げられる。特にごみ有料化政策が廃棄物削減に与えた影響は大きく、これまで様々な研究において、廃棄物のクロスセクションデータおよびパネルデータを用いた、ごみ有料化の効果に関する議論が行われてきた。

日本のデータを用いた分析として、碓井(2003)は全国3,230市町村のクロスセクションデータを用いて、有料化に伴う指定袋価格が1%上昇するのに伴い、ごみが0.119%減少することを示している。また、Usui(2008)ではUnit-Based Pricingがびん、缶、ペットボトル、紙容器の4種類の資源物リサイクル量に与える影響を明らかにしている。

また、パネルデータ分析としては、碓井(2007)は1998年から2002年までの2952自治体を対象としたパネルデータ分析により、自治体規模が大きいほど規模の経済性の程度の減少、および容器包装リサイクル法での紙製容器包装の分別に伴う費用の節約を示している。

Allers and Hoeben(2010)ではごみ有料化の政策導入に関する自治体の意思決定における内生性問題を考慮したうえで、有料化による排出削減効果が統計的に有意であることを示している。Usui and Takeuchi(2014)は全国712都市のパネルデータを用いて、家庭ごみ有料化が、ごみ減量とともに分別促進効果があり、その効果は長期間で持続することがパネルデータの疑似実験(Quasi-experiment)で示されている。一方で都築他(2018)は平成の大合併前後を含むパネルデータを用いて、合併による影響を制御した上でも、ごみ有料化によるごみ排出量の抑制効果を実証し、その効果は長期的に持続することを示した。Ishimura(2022)は2007年から2018年までの日本の全1,718市町村のパネルデータにおいて、操作変数(IV)法によるDifference-in-Difference(DID)分析を用いて、容リ法導入がプラスチック製容器包装の資源化量に与える影響の分析を行った。得られた結果は容リ法導入により資源化量が1人当たり3～4kg増加したことを示している。

より多量の情報が含まれるパネルデータにおいて、廃棄物への有料化効果を分析する一般的な手法として、DID分析が採用されている。この手法は自然実験における治療群と対照群に対する治療の影響の違いを分析することにより、観察データを使用して実験研究デザインを分析する統計的手法である。治療群の結果変数の経時

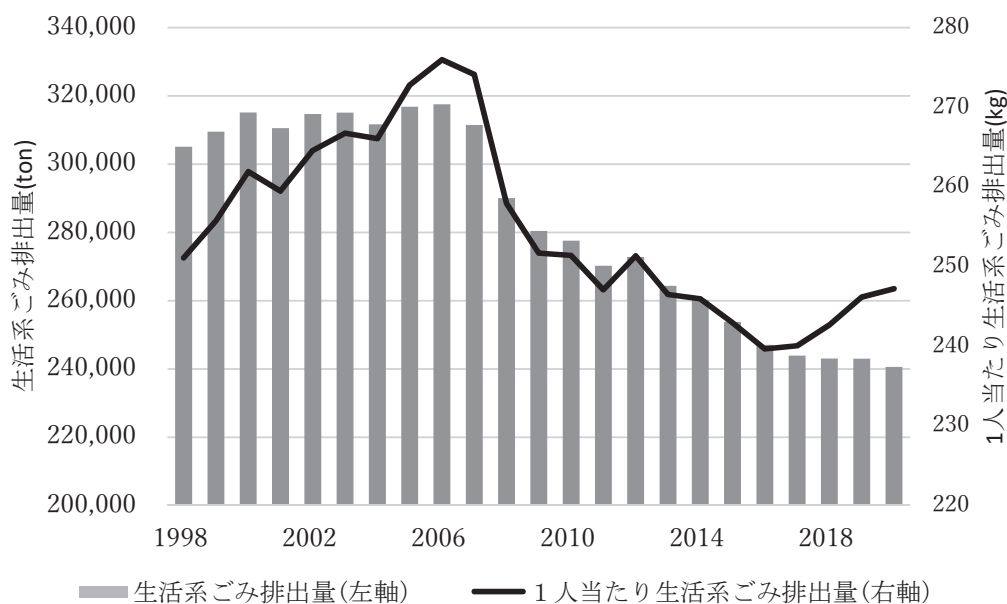


図 1. 秋田県の生活系ごみ排出量および 1 人当たり生活系ごみ排出量の推移
(環境省「一般廃棄物実態調査結果」各年版より筆者作成)

的な平均変化を対照群の平均変化と比較することにより、結果（従属変数）に対する治療（独立変数）の効果の計算を行う（Abadie 2005; Bertrand et al. 2004; Angrist and Pischke 2008）¹⁾。しかしながら、この手法では平行トレンド（Parallel trend）の仮定²⁾ および、治療群と対照群のサンプルサイズに偏りが無いことが求められる。

近年の有料化の効果に関する研究では、パネルデータによる DID 分析を用いた「平均的な」有料化政策による影響の分析が主流である一方で、一つの自治体でのみ実施されているような政策の効果の分析は上記の理由により困難であると言える。例えば、秋田市のみで実施されている混合ごみ有料化が秋田市の 1 人あたり生活系ごみ排出量に与えた影響を分析するために、DID 分析を用いることは不適當であると考えられる。したがって、本研究では合成コントロール法（Synthetic control method）を用いて、秋田市の混合ごみ有料化が秋田市の 1 人あたり生活系ごみ排出量に与えた影響の分析を行う。

2. 秋田県の廃棄物の現状

図 1 は秋田県の 1 年間の生活系ごみ排出量および秋田県民 1 人当たり 1 年間の生活系ごみ排出量の推移を示している。秋田県の生活系ごみ排出量は 2006 年頃をピークに近年減少傾向である。一方で、1 人当たり生活系ごみ排出量は 2016 年までは減少傾向であったが、近年は増加傾向³⁾ であることが確認できる。

また、表 1 は 2020 年の秋田県の生活系ごみ有料化実施自治体を示す。

表 1. 秋田県における 2020 年生活系ごみ有料化実施自治体
(環境省「一般廃棄物実態調査結果」より筆者作成)

	有料化実施自治体
混合ごみ	秋田市
可燃ごみ	能代市、横手市、湯沢市、由利本荘市、湯上市、大仙市、藤里町、三種町、八峰町、五城目町、八郎潟町、大潟村、美郷町、羽後町
不燃ごみ	能代市、湯沢市、由利本荘市、湯上市、大仙市、藤里町、三種町、八峰町、五城目町、八郎潟町、大潟村、美郷町、羽後町

2020 年の秋田県において、生活系ごみ有料化を実施している自治体の中で、混合ごみへの有料化を実施している自治体は秋田市のみである。ただし、環境省の名称と異なり、秋田市では「家庭ごみ」という名称で混合ごみの収集を行っているが、ここでは混合ごみで統一している。秋田市は 2012 年 7 月より混合ごみ有料化を行っており、ごみ袋の容量表示 1 リットル当たり 1 円がごみ袋の値段に上乗せされている。この混合ごみには生ごみやプラスチック製品、ガラス製品などが含まれる。また可燃ごみや不燃ごみへの有料化は秋田県のおよそ半数の自治体で実施されている。資源ごみに関しては、金属類やガラス類が多く自治体で有料化の対象である一方で、それ以外の資源ごみに関しては、回収自体が「無料」もしくは「収集なし」としている。

本研究の対象となる混合ごみ有料化政策は、秋田市のみで 2012 年以降実施されており、治療群と対照群の間

でのサンプルサイズの偏りがあるため、DID 分析を用いることは困難であると考えられる。したがって、本研究では合成コントロール法を用いて、ごみ有料化政策を実施しなかった仮想的な秋田市を構築し、実際の秋田市と比較することで、秋田市の混合ごみ有料化政策の効果を推定する。

3. データ・分析方法

本研究では 1998 年から 2020 年までの秋田県 25 市町村データのパネルデータを用いて、秋田市のごみ有料化政策が生活系ごみ排出量に与えた影響の分析を行う。データに関して、秋田県内市町村の廃棄物データは環境省が公表する「一般廃棄物実態調査結果」のデータを参照した。その他のコントロール変数のデータに関しては、総務省の「住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数調査」および「統計でみる市区町村のすがた」を参照した。表 2 は本研究で使用するデータの記述統計量を示している。

1 人当たり生活系ごみ排出量は 1998 年以降の秋田県内の市町村ごとの 1 人当たり年間の生活系ごみ⁴⁾ 排出量である。生活系ごみ排出量に影響を与える社会的要因のデータに関しては都築他 (2018) を参考にし、総務省の調査結果を用いた。全人口、65 歳以上人口および世帯数のデータは「住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数調査」を用い、市町村合併を考慮したデータの構築を行った。また、課税対象所得および可住地面積のデータは「統計でみる市区町村のすがた」を用いた。上記の入手および構築したデータを利用し、「1 人当たり生活系ごみ排出量」、「人口密度」、「平均家族人員数」、「1 人当たり課税対象所得」、「高齢者人口割合 (全人口に占める 65 歳以上の人口の割合)」の変数を作成した。本研究では以上の変数を実数値としたモデルと、対数を取ったモデルの 2 つを検討し、より明確な差異が存在した実数モデルの結果を掲載しており、対数モデルは結果の数値のみ掲載している。混合ごみ有料化ダミーは

2012 年以降を 1 とするダミー変数であり、その他の有料化ダミーは実施していれば 1、実施していなければ 0 とするダミー変数である。本研究では平成の大合併の前後のデータを用いているため、データに関しては、合併後の秋田県内市町村を基準として合併前の市町村データの加工を行っている。STATA17 を用いて、以上の変数を合成コントロール法にて分析を行う。

推定式は次の通りである。

$$W_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{Popd}_{it} + \beta_2 \text{Family}_{it} + \beta_3 \text{Income}_{it} + \beta_4 \text{ROver}_{it} + \beta_5 \text{MUBP}_{it} + \beta_6 \text{BUBP}_{it} + \beta_7 \text{UUBP}_{it} + \delta_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}$$

W_{it} : 1 人当たり生活系ごみ排出量, Popd_{it} : 人口密度, Family_{it} : 平均家族人員数, Income_{it} : 1 人当たり課税対象所得, ROver_{it} : 高齢者人口割合 (人口に占める 65 歳以上人口の割合), MUBP_{it} : 混合ごみ有料化ダミー, BUBP_{it} : 可燃ごみ有料化ダミー, UUBP_{it} : 不燃ごみ有料化ダミー, δ_i : 市町村ダミー, λ_t : 年次ダミー, ε_{it} : 誤差項

合成コントロール法の基本的な考えとして、秋田市の混合ごみ有料化の因果効果を検証するためには、混合ごみ有料化が存在しない秋田市と混合ごみ有料化が存在する秋田市と比較することが理想とされる。しかしながら、そのような市町村は現実には存在しないため、混合ごみ有料化政策が実施されなかった市町村から、適切なウェイト付けによって複数の市町村を合成することで、可能な限り秋田市と類似した反実仮想秋田市を構築する。その際には、混合ごみ有料化制定以前の生活系ごみの変遷や、生活系ごみと密接に関連すると想定される様々な変数に関して、反実仮想秋田市が秋田市と近似していることが重要である。すなわち、混合ごみ有料化政策が実施される以前の時期を見た時に、秋田市と反実仮想秋田市の生活系ごみが極めて近似した推移を経てきたとすると、その反実仮想秋田市は、混合ごみ有料化が秋田市の生活系ごみに与えた影響を検証する上で理想的な対照事例を提供すると考えられるためである⁵⁾。

表 2. 記述統計量

	N	平均	標準偏差	最小値	最大値	単位
1 人当たり生活系ごみ排出量	575	248.4	32.38	127	382	kg/ 年
人口密度	575	304.6	207.5	19.71	1216.2	人 / km ²
平均家族人員数	575	2.8	0.4	2	3.92	人 / 世帯
1 人当たり課税対象所得	575	928.9	251.6	617.8	2640.8	千円 / 人
高齢者人口割合	575	31.7	6.32	13.5	51.79	%
混合ごみ有料化ダミー	575	0.019	0.13	0	1	-
可燃ごみ有料化ダミー	575	0.50	0.5	0	1	-
不燃ごみ有料化ダミー	575	0.47	0.5	0	1	-

表 3. 実際の秋田市・反実仮想秋田市・加重平均の比較

	秋田市	反実仮想秋田市	加重平均
人口密度	1177.98	389.62	269.64
平均家族人員数	2.48	2.93	2.86
1人当たり課税対象所得	1288.39	1023.25	925.18
高齢者人口割合	20.65	27.79	30.51
1人当たり生活系ごみ排出量(2011)	267.11	265.94	250.42
1人当たり生活系ごみ排出量(2005)	297.00	290.82	260.31
1人当たり生活系ごみ排出量(2000)	281.00	285.33	263.86

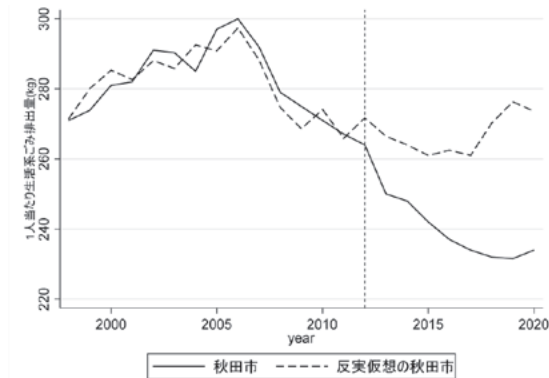


図 2. 秋田市と反実仮想秋田市の 1人当たり生活系ごみ排出量推移

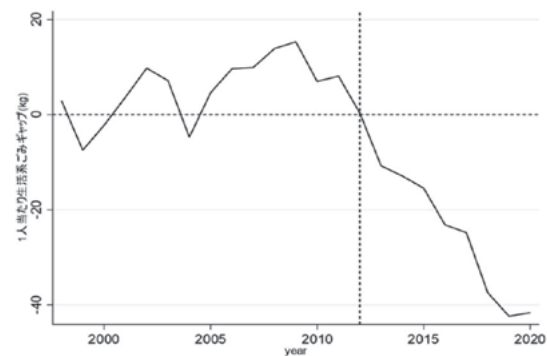


図 3. 1人当たり生活系ごみギャップ推移

4. 分析結果

合成コントロール法を用いた分析の結果、推定された自治体ごとのウェイトは、大館市が0.213、男鹿市が0.093、にかほ市が0.493、小坂町が0.201であった⁶⁾。表3は実際の秋田市、反実仮想秋田市、秋田市以外の各市町村の加重平均それぞれの変数毎のデータを示している。加重平均は、各変数の各年の値にそれぞれの年の人口を掛け計算した数値である。反実仮想秋田市は実際の秋田市に似ていない部分もあるが、単純な加重平均よりは秋田市に近いことが読み取れる。

図2では秋田市と反実仮想秋田市の1人当たり生活系ごみ排出量の推移を示している。実線は秋田市の1人当たり生活系ごみ排出量、点線が反実仮想秋田市の1人当たり生活系ごみ排出量の推移をそれぞれ示している。秋田市の曲線は、観察されたデータに基づくものである。一方で、反実仮想秋田市の曲線は、他の市町村のデータに、それぞれ算出されたウェイトをかけて、足し合わせた値から導出されている。前述のように、図の左側の区間（2012年以前）のデータを用いて、ウェイトを推定している。右側の区間を見ると、2つの曲線が乖離していることがグラフからわかる。これは混合ごみに有料化を実施していない反実仮想秋田市よりも実際の秋田市の1人当たり生活系ごみ排出量が削減されていることを示している。

さらに図3では秋田市と反実仮想秋田市の1人当たり生活系ごみ排出量のギャップ推移を示している。この図より、有料化実施以降、秋田市の生活系ごみ排出量は反実仮想秋田市の排出量よりも減少していることが示唆される。また、2020年では1人当たり生活系ごみ排出量が有料化導入前に比べて年間およそ40kgの削減が行われていたことが図より確認できる⁷⁾。

5. 考察

ここでは本研究で得られた合成コントロール法による推定結果の妥当性を検討するため、Placebo testsと既存研究との比較を行う。

Placebo testsを行うことで、本研究で得られた分析結果が偶然起こったかどうか検討することが可能である。これは大きな効果が推定されない状況において、もし秋田市の混合ごみ有料化と同様の効果が他の市町村でも推定されたとすれば、秋田市の混合ごみ有料化の分析結果の信頼性が疑われるためである。

図4は秋田市と同様の設定で、秋田市以外の各市町村に合成コントロール法を適用したPlacebo testsの結果を示している。Abadie et al (2010)と同様に、治療前の期間に適していない地域を除外（有料化前のRMSPE⁸⁾が秋田市のRMSPEよりも5倍以上高い市町村地域を除外）している。太線が秋田市のギャップ推移であり、他

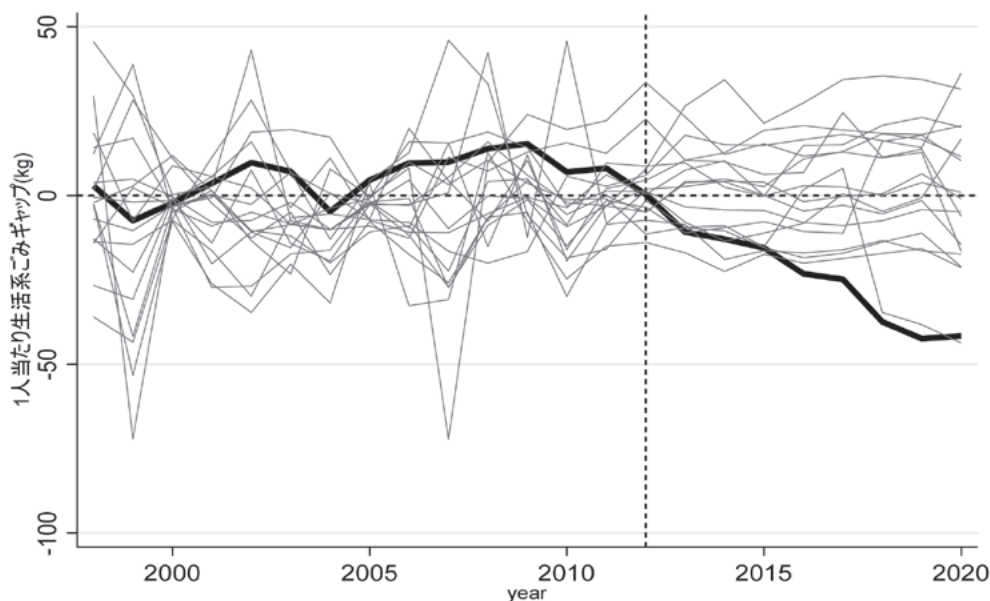


図4. 秋田市および17の対照群における1人当たり生活系ごみギャップ（秋田市有料化前のRMSPEが秋田市のRMSPEよりも5倍以上高い市町村地域を除外）

の折れ線は秋田市以外の市町村地域のギャップ推移である。この図から秋田市ほど大きなギャップが生じている市町村は他にないことがわかる。このことから、十分な実証結果が得られており、秋田市における混合ごみ有料化による効果と同じくらい大きなギャップが他の市町村で得られる可能性は非常に低いと考えられる。

さらに分析の不確実性の確認のため、秋田市の混合ごみ有料化実施前のRMSPEと秋田市の混合ごみ有料化実施後のRMSPEの比率を利用して、有料化の効果の有無を検討する。ここでのRMSPEは、秋田市と反実仮想秋田市の1人当たりの生活系ごみ排出量の乖離の程度を示す指標であると解釈できる。したがって、2011年以前についてはRMSPEが小さいほど反実仮想秋田市の形成が成功していることを意味し、2012年以降についてはRMSPEが大きいほど秋田市と反実仮想秋田市の乖離が大きいことを意味する。そのため、2011年以前と2012年以降のRMSPEの比率が大きいほど、実際に秋田市の混合ごみ有料化に効果があることが示唆される。秋田市のRMSPE比は約4.32であり、秋田県25市町村中1番の大きさであった⁹⁾。仮に秋田市と対照群の計25市町村の中から無作為に市町村を選択した場合、秋田市と同等もしくはより高いRMSPE比率を検出する確率は、 $1/25 = 0.04$ である。これは標準的な統計的推論におけるp値と同様に解釈することができ、混合ごみ有料化の効果が統計的にも有意なものであると結論付けられる。したがって、以上の事より秋田市の混合ごみ有料化の効果の有効性が示されたと言える。

また本研究では秋田市の有料化により生活系ごみ排出

量が1人当たり年間およそ40kgの削減であり、これは17%の削減に相当する結果が得られた。この結果を既存研究と比較して考察した場合、山谷(2011)では有料化による1人1日あたり生活ごみ(可燃・不燃・粗大・有害)の約17%の減量、生活ごみ総量(資源を含む)の約11%の減量を推定していた。またSakai(2008)では有料化により、生活系ごみ排出量が20%から30%減量したと推定するなど、単純比較は難しいが既存研究と比べて本研究で得られた有料化による生活系ごみの削減効果はおおよそ同じ程度存在することが判明した。

6. 結論

本研究では秋田県の市町村廃棄物データを用いて、秋田市の混合ごみ有料化政策が生活系ごみ排出量に与えた影響の分析を行った。得られた結果として、秋田市のごみ有料化により、秋田市の生活系ごみ排出量の削減が示唆された。効果の大きさは1人当たり年間およそ40kgであり、これは1日あたり100gの削減に相当する。したがって、秋田市において生活系ごみに対する有料化の削減効果が認められるとともに、廃棄物排出量の削減に向けた他の取り組みの効果が期待される。例えば、秋田県独自の廃棄物削減プロジェクトとして、一般社団法人あきた地球環境会議(<http://www.cceakita.org/>)にて、2014年から実施されている「あきエコどんどんプロジェクト」などが挙げられる。これは、環境に優しい取り組み(エコアクション)に参加することでポイントを獲得し、抽選により1,000円相当の商品券や地産品が貰える

プロジェクトであり、今後さらなる周知とともに廃棄物削減効果が期待される。また2020年7月から実施されているレジ袋有料化や2022年4月から実施されているプラスチック資源循環促進法などが廃棄物発生に与える影響も到底無視できないため、さらなる分析による削減効果の検討が求められるであろう。

今後の研究として、秋田県の有料化がリサイクルや資源ごみ排出量に与えた影響の分析などが考えられる。さらに前述した「あきエコどんどんプロジェクト」の普及率の上昇が環境に与える影響を分析することは非常に重要であろう。また自治体との連携によるデータの精緻化は、より詳細な廃棄物政策の影響を検討する上で必要不可欠であると考えられる。

注

- 1) 手法の詳細は Wooldridge (2010) Ch.6, Gertler et al. (2016) Ch.7 を参照。
- 2) これは「もし処置がなかったら、処置群の結果の平均と対照群の結果の平均は平行な時間的変化を示す」という仮定を意味する。
- 3) 秋田県の生活系ごみ排出量の減少率よりも県人口の減少率の方が大きいためと考えられる。
- 4) この生活系ごみには、資源化物が含まれる。
- 5) 手法の詳細は Abadie et al. (2010), 森田 (2014), Abadie et al. (2015) を参照。
- 6) 他の市町村のウェイトは0であった。
- 7) これは導入前に比べておおよそ17%減である。
- 8) RMSPE とは、平均二乗予測誤差の平方根 (Root mean square prediction error) であり、実測値と予測値の差の二乗値を計算し、その総和に平方根をとった値である。
- 9) 有効な分析結果が得られたと考えられる Abadie et al. (2015) において、RMSPE 比はおおよそ16と報告されており、本研究はそれよりも低い値である。

参考文献

- 碓井健寛. (2003). ごみ処理サービス需要の価格弾力性—要因分析と予測. 環境科学会誌, 16(4), 271-280.
- 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, 18(6), 417-425.
- 都筑研哉, 横尾英史, & 鈴木綾. (2018). 有料化によるごみ排出量の抑制効果——「平成の大合併」の影響——. 廃棄物資源循環学会論文誌, 29, 20-30.
- 森田果. (2014). 実証分析入門：データから「因果関係」を読み解く作法. 日本評論社.
- 山谷修作. (2011). 多摩市における有料化とインセンティブプログラムを併用したごみ減量の取り組み. 経済論集, 37(1), 193-206.
- A Allers, M., & Hoeben, C. (2010). Effects of unit-based garbage pricing: a differences-in-differences approach.

- Environmental and Resource Economics, 45(3), 405-428.
- Abadie, A. (2005). Semiparametric difference-in-differences estimators. The Review of Economic Studies, 72(1), 1-19.
- Abadie, A., Diamond, A., & Hainmueller, J. (2010). Synthetic control methods for comparative case studies: Estimating the effect of California's tobacco control program. Journal of the American Statistical Association, 105(490), 493-505.
- Abadie, A., Diamond, A., & Hainmueller, J. (2015). Comparative politics and the synthetic control method. American Journal of Political Science, 59(2), 495-510.
- Angrist, J. D., & Pischke, J. S. (2008). Mostly harmless econometrics. Princeton University Press.
- Bertrand, M., Duflo, E., & Mullainathan, S. (2004). How much should we trust differences-in-differences estimates? The Quarterly Journal of Economics, 119(1), 249-275.
- Gertler, P. J., Martinez, S., Premand, P., Rawlings, L. B., & Vermeersch, C. M. (2016). Impact evaluation in practice. World Bank Publications.
- Ishimura, Y. (2022). The effects of the containers and packaging recycling law on the domestic recycling of plastic waste: Evidence from Japan. Ecological Economics, 201, 107535.
- Sakai, S. I., Ikematsu, T., Hirai, Y., & Yoshida, H. (2008). Unit-charging programs for municipal solid waste in Japan. Waste management, 28(12), 2815-2825.
- Usui, T. (2008). Estimating the effect of unit-based pricing in the presence of sample selection bias under Japanese recycling law. Ecological Economics, 66(2-3), 282-288.
- Usui, T., & Takeuchi, K. (2014). Evaluating unit-based pricing of residential solid waste: a panel data analysis. Environmental and Resource Economics, 58(2), 245-271.
- Wooldridge, J. M. (2010). Econometric analysis of cross-section and panel data. MIT Press.

参考資料

- 環境省 (2022) 一般廃棄物の排出及び処理状況等 (令和2年度) について
URL: <https://www.env.go.jp/press/110813.html> (閲覧日 2022年11月14日)
- 環境省「一般廃棄物実態調査結果」https://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/stats.html (閲覧日 2022年10月22日)
- 総務省 住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数調査 (1998-2020) URL:https://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL08020101.do?_toGL08020101_&tstatCode=000001039591 (閲覧日 2022年10月25日)
- 総務省 統計でみる市区町村のすがた (1998-2020) URL:<http://www.e-stat.go.jp/SG1/chiiki/Welcome.do?lang=01> (閲覧日 2022年10月25日)