

ペットボトルリサイクルの入札市場における構造推定

大窪 和明¹・金子賢太²

¹正会員 埼玉大学助教 理工学研究科 (〒 338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255)
E-mail: okubo@dp.civil.saitama-u.ac.jp

²非会員 静岡県庁 (〒 420-8601 静岡県静岡市葵区追手町 9-6)
E-mail: kenta1.kaneko@pref.shizuoka.lg.jp

ペットボトルをはじめとする多くの廃棄物は、市町村が収集・運搬を行い、入札市場を通じてリサイクル企業に引き渡されることによってリサイクルされている。本研究では、複数の市町村（売り手）が契約期間中に収集したペットボトルを販売する契約を提示し、複数のリサイクル企業（買い手）が一度に入札する入札市場を対象として、企業の入札額に影響をもたらす要因を明らかにした。特に、使用済みペットボトルの収集量を調整することが困難であるために、入札時に市町村によって提示された契約量と、契約期間後にリサイクル企業が実際に引き取った実績量との間に生じた差異が、個々のリサイクル企業の入札額にもたらす影響を定量的に把握した。その結果、前年度の実績量が契約量を下回ることが、今年度の評価値を下下げていることが明らかになった。また、市町村と企業との空間的な距離が評価額にもたらす影響を確認した。

Key Words : Auction, Structural Estimation, PET bottle recycling, Reverse Logistics

1. はじめに

(1) 研究背景と目的

資源の有効活用のために静脈物流の効率化が求められている。使用済みとなった小型家電（デジタルカメラ、電子辞書など）や容器包装（ペットボトル、ガラスビンなど）の多くは市町村が収集、運搬し、リサイクル企業が処理または再商品化している。特に容器包装廃棄物は、容積比で一般廃棄物の約 6 割を占めており、収集、運搬にかかる費用が市町村の大きな負担となっている。

多くの市町村は収集した容器包装廃棄物を、日本容器包装リサイクル協会が実施している入札市場を通じてリサイクル企業に引き渡す。入札市場は年に数回（平成 7 年度から平成 24 年度までは年 1 回、平成 25 年度から年に 2 回）行われており、各市町村が契約期間中に処理して欲しい量（契約量）を提示し、それに対して最も高い入札額を提示したリサイクル企業が市町村と契約し、半年間または一年間の契約期間中、処理を行う。

図 1 は、平成 26 年度上期における関東地方を中心としたペットボトルの落札額の分布を表しており、図中の赤色または青色で示された市町村は、入札市場を通じてリサイクルが行われている地域を表している。赤色が濃い市町村ほど高い落札額で買い取られており、青色で示された市町村はペットボトルが逆有償化した地域を表している。白色で示された市町村は、入札市場を利用せず、各市町村が独自にリサイクル企業と契約

することによってリサイクルを行っている市町村を示している。この図から、多くの市町村が入札市場を通じてリサイクルを行っていることがわかる。

現在、日本容器包装リサイクル協会¹⁾を中心として、ペットボトル入札市場のより効率的な仕組みについて議論されている。例えば、年 1 回の入札から平成 25 年度に年 2 回の入札に変更された背景には、輸入 PET 樹脂価格の下落によってリサイクル企業の再商品化製品の在庫が増加したため、市町村からペットボトルの引き受けを辞退する企業が増えたことが挙げられる。そのため、入札を年 2 回として契約期間を短くすることにより、在庫の負担を減らす目的があった。また、入札市場で提示された契約量と、契約期間中で実際に処理された実績量との間に生じる乖離が入札額にもたらす悪影響が指摘されている。図 2 は、平成 21 年度に各市町村が提示した契約量と、実際に取引された実績量との散布図を示したものである。図中の右肩上がりの黒線は、45 度線であり、この線から離れているほど、実績量と契約量との乖離が大きいことを意味している。この図から、契約量と実績量との間には乖離が生じており、特に、実績量が契約量を下回ることが多いことが示唆される。実績量が契約量を下回った場合には企業が十分な利益を上げるのに必要な量が得られないため、それ以後の入札において企業が消極的になることも考えられるが、入札額にもたらす影響は明らかにされて

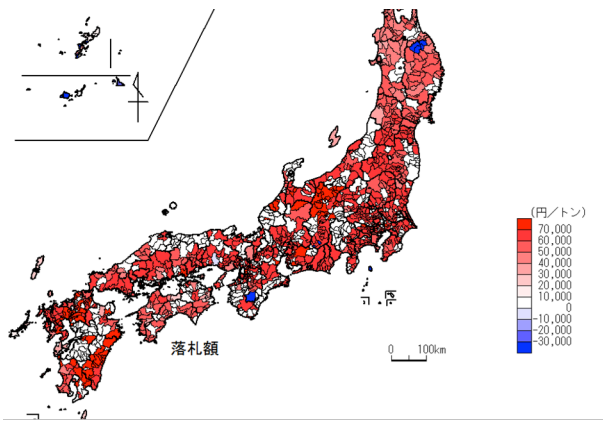


図-1 平成 26 年度上期の落札額の分布

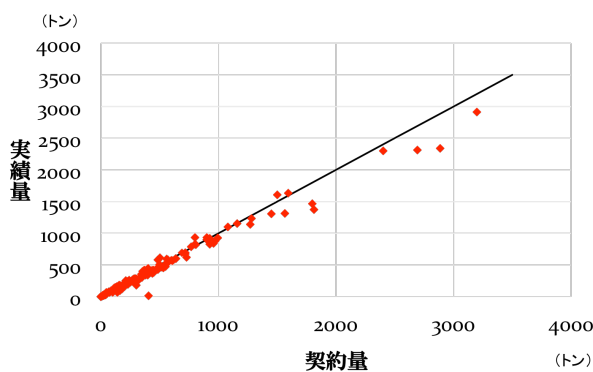


図-2 契約量と実績量との乖離 (平成 21 年度)

いない。

また、この入札市場では電子入札を通じて全国のリサイクル企業が全国の市町村に入札できることが過当競争の要因の 1 つとして指摘されており、地域を限定した入札制度が検討されている。しかし、使用済みのペットボトルのように輸送費用に対する再商品化製品の単価が低いモノについては、採算性の観点から遠距離の輸送は難しいと思われ、全国規模での入札と過当競争との関連性については定量的な評価が必要である。以上のように、ペットボトルリサイクルの入札市場には多くの課題が残されており、入札市場の効率性に影響を与える様々な要因が入札額にもたらす影響を把握した上での入札市場の仕組みの改善が求められる。しかし、現実の入札市場では落札額しか観測されないため、落札した企業以外の入札額は観測できない。そこで本研究では、企業の合理的な行動を仮定したミクロ経済学的基礎に基づいたシミュレーションを活用した入札市場構造手法を用いて、入札額や前年の落札額や契約量と実績量の乖離などを市町村の特徴、資本金や工場数や事業数などの企業固有の特徴、さらには市町

村とリサイクル企業との距離が入札額にもたらす影響を明らかにすることを目的とする。

(2) 既存研究

市町村は、ペットボトルのリサイクルを行う際に、容器包装リサイクル協会が実施する入札市場に参加するか（指定法人ルート）、または独自にリサイクル企業を選択し、契約するか（独自ルート）を選ぶことができる。指定法人ルートでは、容器包装リサイクル協会から、落札額などのデータが公表されているにも関わらず、独自ルートの実態については未だ不明なことも多い。栗田²⁾は使用済みペットボトルの独自ルートの実態分析を行い、市町村を対象としたアンケートから市町村が、分別収集をした使用済み容器包装を指定法人ルートに引き渡さず、独自ルートで行う事例が近年増加傾向であると主張する。その理由として、独自ルートの方が指定法人ルートよりも収益が得られやすい、地元業者の育成・支援を重視していることを挙げている。

許³⁾は、使用済みのペットボトルを海外市場に出せば対価を得られるため、市町村から独自ルートで入手したペットボトルを海外に売り出す企業が増えていることを指摘している。この研究では、容器包装リサイクル協会が市町村から引き取る使用済みペットボトル量は減少している現状について、市町村の分別収集したペットボトル量のうち容器包装リサイクル協会に引き渡される量は全体の約 2/3 であり、残りの約 1/3 は中国を中心とした海外に流出しているとしている。

Kawai⁴⁾は日本の容器包装リサイクルの入札市場を対象として、市町村の技術投資のインセンティブと入札市場の仕組みの変化との関係性を分析している。この研究では、市町村の合理的な行動に基づく、技術投資行動が仮定された上で、入札市場の構造を推定している。こうした入札市場に参加する主体の合理的な行動に基づいた入札市場の構造推定手法（例えば、Paarcsch and Hong⁵⁾）については、多くの研究がなされている。本研究では、Laffont et. al.⁶⁾によって提案された、Simulated Nonlinear Least Squares を用いて、入札市場における市町村の特徴、リサイクル企業固有の特徴、市町村とリサイクル企業との距離が企業の評価額にもたらす影響を定量的に明らかにする。

2. モデルの定式化

(1) リサイクル企業の入札行動

本研究では、市町村 ($l = 1, 2, \dots, L$) が入札市場において、契約量を提示し、 l 社の企業 ($i = 1, 2, \dots, l$) が入札する状況を考える。企業 i は市町村 l のペットボトルを買い取り再資源化することで v_{il} の収益を得るとする。

表-1 各説明変数の元データの平均値（東日本）

東日本	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度上期	平成25年度下期	平成26年度上期	平成26年度下期
距離	166.26	176.84	168.09	120.21	199.81	141.42	148.43
落札量	362.30	359.85	363.74	208.37	171.52	205.26	168.43
前年の落札額	110.65	18008.81	45408.34	48873.36	20429.43	54877.08	58399.32
資本金	7659.57	8585.72	7398.84	12442.57	9145.68	10135.24	11789.06
事業数	1.15	1.12	1.22	1.17	1.17	1.15	1.31
工場数	1.15	1.49	1.35	1.16	1.36	1.55	1.18
契約量-実績量	46.86	33.96	11.92	19.69	19.72	26.82	26.88
実績量-契約量	5.65	6.97	29.08	14.63	15.20	9.56	9.96

市町村 l の市場における企業 i の入札額として b_{il} とおくとき期待利得は,

$$E[\pi_i] = (v_{il} - b_{il})\Pr\{\text{win}|b_{il}\} \quad (1)$$

と定式化できる．ただし, $\Pr\{\text{win}|b_{il}\}$ は企業 i が b_{il} を入札したときに落札する確率である．企業 i が式 (1) の期待利得を最大化するように b_{il} を決めると,

$$b_{il}(v_{il}) = v_{il} - \frac{\int_{v_{il}}^{v_{il}} F(y)^{I-1} dy}{F(v_{il})^{I-1}} \quad (2)$$

ただし, $F(y)$ は各企業の評価値の分布を表す累積分布関数であり, y より評価値が小さくなる確率を示す．

(2) リサイクル企業の評価値 v_{il}

式 (2) の v_{il} は企業の私的情報であり観測者が正確に観測することができないため, v_{il} を説明するような次のモデルを考える．

$$v_{il} = \theta_0 + \theta_1 x_1 + \cdots + \theta_n x_n + \epsilon_{il}, \quad (3)$$

式 (3) の $\theta_0, \theta_1, \dots, \theta_n$ はパラメータである． $x_1, x_2, \dots, x_n$ は表 1 に示される説明変数である．表 1 の契約量は市町村 l が提示する契約量である．前年の落札額は市町村 l の前年の落札額を用いる．資本金は企業 i の資本金である．事業数は日本容器包装リサイクル協会と契約し, 企業 i が受け持っている事業の数である．工場数は企業 i が所有する工場の数である．(契約量 - 実績量) は市町村 l で, 前年の契約量が前年の実績量を上回った場合の乖離である．(実績量 - 契約量) は市町村 l で, 前年の実績量が前年の契約量を上回った場合の乖離である．距離は市町村 l と企業 i の工場までの距離である． ϵ_{il} は企業ごとの異質性を表すものであり一般的には観測できないため, 企業ごとに S 個の乱数を発生させ, 入札市場のシミュレーション S 回を行う． b_{il}^w を落札額の観測値とし, 目的関数を最小化するように式 (3) のパラメータを推定する

$$Q_{S,L}^*(\theta) = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L \left[((b_{il}^w - X_{il})^2 - \frac{1}{S(S-1)} \sum_{s=1}^S (X_{sl} - \bar{X}_l)^2) \right] \quad (4)$$

ただし,

$$\bar{X}_l = \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S X_{sl} \quad (5)$$

である．式 (4) の第 1 項が観測値 b_{il}^w とシミュレーションから得られた落札額の平均値 $\bar{X}_l$ との差である．それらの差が小さくなるようなパラメータが選ばれる．第 2 項は Laffont et. al. によって追加された項であり, パラメータの一致性を得るための重要な役割を果たす．

3. 入札市場の構造推定

(1) 使用データ

本研究で用いるデータの一覧を表 1 に示す．本研究では, 日本容器包装リサイクル協会が公表している平成 22 年度から平成 26 年度下期にかけて東日本に位置する市町村の落札額, 落札量, 実績量, 企業の事業数, 契約企業の工場数のデータを用いる．また日本容器包装リサイクル協会に登録している企業の HP から資本金のデータを用いる．

前年度の落札額は各市町村の前年度の落札額を用いる．資本金はリサイクル企業の資本金であり, 各企業の公式ホームページから取得した．事業数はリサイクル企業が容器包装リサイクル協会と取引をしている事業の数である．容器包装廃棄物は, ペットボトル, 白色ガラス, 古紙など複数種類あり, リサイクル事業は複数のリサイクル事業を容器包装リサイクル協会と取引している場合がある．工場数は企業が日本容器包装リサイクル協会と契約をしている工場数であり, 容器包装リサイクル協会が契約事業者として登録されている工場数を公表している．

契約量-実績量は契約量と実際に市町村が取引した実績量の差である．ここでは, 契約量が実績量を下回った場合と, 上回った場合の, それぞれで評価額にもたらす影響が異なると考えた．したがって, (契約量-実績量) が正の場合に, その値をとり, それ以外の場合をゼロとした (契約量-実績量) という説明変数と, その逆に, (契約量-実績量) が負の場合に, (実績量-契約量) の値をとった (契約量-実績量) という説明変数の二つを考えた．

表-2 推定結果(平成23年度～平成26年度上期)

	23年度		24年度		25年度上期		25年度下期		26年度上期	
切片	26895.00	**	17489.17	**	30367.05	**	25733.00	**	-1017.30	
	(10.59)		(6.57)		66.81		(47.63)		-(0.18)	
距離	2.87		0.07		-16.51	**	8.11		18.77	**
	(0.02)		(1.34)		(2.93)		(1.65)		(13.74)	
契約量	-1.58		-5.67		-1.70		-0.39		0.10	**
	-(0.08)		(0.00)		(0.96)		-(1.89)		(18.77)	
前年の落札額	0.38		0.00		0.01		5.76		-0.95	
	(0.00)		(0.00)		0.00		(0.01)		(0.00)	
資本金	-0.06		400.84		425.59		-0.19		0.01	**
	(0.00)		(0.15)		0.94		(0.00)		(3.99)	
事業数	0.90		0.65		7.12	**	3.83	*	4.03	**
	(0.95)		(0.70)		4.12		(2.20)		(4.01)	
工場数	1.01	**	0.68	**	0.95	**	0.94	**	0.81	**
	(56.63)		(110.81)		66.79		(45.49)		(90.81)	
契約量-実績量	1.01		-0.57		-24.03	**	-8.43		-23.80	**
	(0.17)		-(0.08)		(2.28)		-(0.68)		-(5.11)	
実績量-契約量	-37.78		-0.27		-1.46		-11.26		-0.18	
	-(1.49)		-(0.03)		(0.23)		-(1.13)		-(0.03)	
標準偏差	420.00		400.00		400.00		100.00		50.00	
QsI	6.30E+11		6.36E+07		2.92E+07		6.19E+11		6.19E+11	
決定係数R2			0.66		0.78					

(2) 推定結果

表 2 に推定結果を示す。全ての年度において、工場数が正に有意であり、工場数が多くなるほど、リサイクル評価額が高くなることを示している。また、平成 25 年度以降は、(契約量-実績量)の係数が負で有意であり、前年度の契約量に比べて実績量が少ないほど、今年度の評価額は下がっていることがわかる。これは、リサイクル企業が採算性を確保するために必要な実績量が確保できない可能性があると判断されたため、リサイクル企業が入札額（買い取り額）を低く設定するという行動が現れた結果だと思われる。例えば、平成 25 年度についてみると、前年の実績量が契約量を下回ると 1 トンあたり 24 円だけ評価値が下がる。

次に距離についてみると、有意となったのは、平成 25 年度上期と平成 26 年度下期であった。例えば、平成 25 年度においては、市町村とリサイクル企業との間の距離が長くなるほど、評価額が下がることがわかった。現実のデータからは、青森県から埼玉県川越市の工場に買い取られている事例も観測されており、市町村と企業の距離が 300km 程度であれば、約 4800 円ほど評価値が低くなることを意味している。

4. まとめ

本研究では、リサイクル企業の入札行動についてミクロ経済学的を考慮した構造推定手法を用いて、リサイクル企業と市町村との距離が個々の企業の評価値に与える影響を明らかにした。企業と市町村間の距離が

企業の評価値にもたらす影響が定量的に評価されたことにより、地域を限定した入札制度の検討などに有用な情報を与えることが期待できる。契約量と実績量との乖離が企業の評価値にもたらす負の影響が確認された。実績量が契約量を下回ったときの補償制度の効果に関する議論が可能である。今後の入札制度変更には、観測される落札額だけではなく、企業個々の要因を考慮していく必要がある。

謝辞： 本研究は JSPS 科研費：研究課題番号 26420510 の助成を受けたものです。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) PET ボトル入札制度検討会:日本容器包装リサイクル協会
- 2) 栗田 郁真: 使用済みペットボトルの独自処理の実態分析, 廃棄物資源循環学会論文誌, Vol.22, No1, pp61-70, 2011.
- 3) 許 楊: 容器包装リサイクル法に関する一考察-プラスチック容器包装を中心として-, 大阪産業大学経営論集, Vol.13, pp.297-318., 2012.
- 4) Kawai, K.: Auction Design and the Incentives to Invest Evidence from Procurement Auctions, *Working paper*, 2010.
- 5) Paarsch, H. J. and Hong, H.: *An Introduction to the Structural Econometrics of Auction Data*, MIT press, 2006.
- 6) Laffont J. J., Ossarad, H. and Vuong, Q. H. : *Econometrics of First Price Auctions*, *Econometrica*, Vol. 63, pp.953-980, 1995.

(2015. 7. 31 受付)