

早稲田大学大学院 創造理工学研究科

博士論文概要

論文題目

RVM を用いたリサイクルシステムの
経済効果評価

Economic Effect Evaluation
of Recycling System
Using Reverse Vending Machine

申請者

鈴木	広人
Hiroto	SUZUKI

2017年9月

日本の使用済みペットボトルは容器包装リサイクル法に基づいてリサイクルが行われており、ペットボトルの再生加工事業者は原料調達量の多くを自治体が回収したものに対する入札に依存している。しかし自治体は入札のみならず独自のルートで回収したペットボトルを処分することが認められているため、価格的に有利な場合には輸出などを行う自治体も存在する。近年、市況変動が大きいことから、自治体が回収したペットボトルを輸出する量も変動するため、再生加工事業者が入札で確保できる調達量が不安定になっている。そのため、原料調達に関する多大なコスト負担を強いられることとなり、その経営は安定性を欠くことになりかねない。リサイクルによる再生原料の確保が必要である我が国において、再生加工事業者の経営を安定させるために、効率的なリサイクルを行うことは重要な課題と位置づけられる。

一方、近年、小売事業者の事業所にペットボトル自動回収機である RVM (Reverse Vending Machine) が設置され、そこで回収されたペットボトルを再生加工事業者が調達する事例が見受けられるようになった。このような RVM を用いたリサイクルシステムは、原料調達量が不安定である再生加工事業者にとって、非常に大きな意味を持つ。なぜなら RVM によって回収されたペットボトルは再生加工事業者が直接調達できるため、入札による調達方法と比較して安定的な調達が可能になるためである。したがって再生加工事業者の経営にとっては、RVM を用いたリサイクルシステムの普及が今後必要になると考えられる。

しかし RVM を用いた直接調達による原料確保が、再生加工事業者の経営に及ぼす影響は定量的に明らかにされておらず、その影響を普及促進の前段階として確認しておくべきであるといえる。すなわち、まず、安定性の低い入札による調達量を削減し、RVM を用いた直接調達量を増加することによる再生加工事業者の経営に与える影響の度合を確認すべきである。さらに、再生加工事業者は調達量や最終製品である再生ペット樹脂に対する需要量の変動に直面しており、変動の大きさが再生加工事業者の経営に与える影響を確認すべきである。これらを確認することにより、RVM を用いたリサイクルシステムの普及が再生加工事業者の経営に有効であり、その必要性を示すことが可能となる。

RVM を用いた直接調達により再生加工事業者の経営が安定化することが示されたならば、次の課題として、RVM を用いたリサイクルシステムはどのようにすれば社会的に普及するか、ということが挙げられる。この普及には、まず第一に消費者が RVM へ分別廃棄を積極的に行うということ、そして第二にはこのリサイクルシステムを構成する全ての行動主体が経済的メリットを享受可能であり、積極的参加を促すシステムであることが不可欠となる。消費者が RVM へ分別廃棄をすることを促進するためには、インセンティブが求められる。消費者の分別

廃棄を促進するインセンティブは、従来研究によって経済的インセンティブが重要な規定要因であることが明らかになっている。また、消費者に負担を強いるネガティブインセンティブはペットボトル飲料の売上低下等、負の効果が存在することも従来研究により指摘されていることから、消費者に経済的メリットを付与するようなポジティブインセンティブが必要となる。これに対し、RVMを用いた従来事例では、商品券や金券等の経済的メリットを消費者に付与するポジティブインセンティブを付与しているものの、自治体や商店街が経済的負担を担う構造になっているために、政策的な補助金等の終了と共に中止され、自立的なエコシステムとなっていない。そのため、ポジティブインセンティブを用いた自立的なエコシステムを構築するためには、経済的側面からリサイクルシステムを評価し、自立的なエコシステムとなる条件を検討する必要がある。

そこで本論文では、RVMを用いたリサイクルシステムの経済効果測定モデルを構築し、RVMを用いたリサイクルシステムが再生加工事業者の経営に有効であり、かつリサイクルシステムを構成するすべての行動主体が経済的メリットを享受可能なモデルが存在することを示し、その普及を促進すべきであることを示す。

本論文は全5章から成り、第1章では研究の背景および目的を述べている。

第2章ではペットボトルのリサイクルに関する従来研究を整理し、本論文の位置付けを示している。従来研究では、最終製品の付加価値化に向けたリサイクル技術に関する研究、環境負荷低減に向けた容器軽量化に関する研究、消費者の分別廃棄行動促進に向けた分別廃棄行動の規定要因に関する研究、容器包装リサイクル法における役割分担や費用負担の現状分析に関する研究、ペットボトルリサイクルの環境負荷測定に関する研究、リユースやデポジット制度といった分別廃棄を促進する方策に関する研究が行われている。しかし再生加工事業者の原料調達量が不安定であるといった課題に着目し、容器包装リサイクル法の枠組みを超え、RVMを用いたリサイクルシステムにより解決を図る研究は見られず、この点が本論文の大きな特徴であることを述べている。

第3章では、RVMを用いた調達量が直接調達効果に与える影響、さらには再生加工事業者が直面している変動と直接調達効果との関係性を明らかにする効果測定モデルを構築している。これらの効果を測定するためには、再生加工事業者の生産量、調達量の意味決定を考慮した効果測定モデルが必要であり、従来研究で他の経営領域に適用されたモデルを拡張した新たな効果測定モデルを構築している。具体的には、再生加工事業者の最終製品である再生ペット樹脂に対する需要量、入札における調達量、RVMを用いた直接調達量の変動下における、生産量、調達量の意味決定を考慮し、再生加工事業者の期待利益を導出している。また、RVMを用いた直接調達を行わない場合の期待利益との差分を直接調達効果とし、その効果を比較静学によって分析している。その結果、RVMを用いた直接調達量

増加に伴い、その効果も大きくなることが確認された。また、入札による調達量の変動が小さい場合においても、直接調達効果に与える影響は大きいことが示された。したがって RVM を用いた直接調達量増加により直接調達効果は拡大すること、また、入札による調達量の変動が小さい場合においても直接調達効果は大きいことから、RVM を用いたリサイクルシステムの有効性を示す結果であり、その普及を促進すべきであることを示すことができた。

第 4 章では、RVM を用いたリサイクルシステムにおいて、リサイクルシステムを管理する RSP(Recycle Service Provider)を始めとする消費者、RVM を設置した小売事業者、再生加工事業者等のリサイクルシステムに参加する各主体の全員が経済的メリットを享受可能となるシステムの条件を検討する効果測定モデルを構築している。RVM へのペットボトル分別廃棄促進のための消費者に対するインセンティブを、小売業界において多用されている割引(%引)クーポンによって付与することで、小売事業者は売上を増加させ、これに伴う利益を増加させることができる。一方、このシステムへの他の参加者は小売事業者の利益増の一部が分配される等によって経済的メリットを享受するという仕組みになっている。消費者がペットボトル回収によって得られるクーポンについては、その割引率や対象商品が分別廃棄行動やクーポンを用いた購買行動に与える影響を考慮した、経済効果測定モデルを構築している。そして、経済的メリットを享受可能なシステムの条件を検討している。数値実験においては、経済的メリットが享受可能なシステムの条件を検討するため、クーポンの割引率や対象商品、消費者がクーポンを用いた購買を行う小売事業者の特徴を用いて、比較静学により分析を行っている。その結果、経済的メリットを享受することが可能なクーポンや小売事業者が存在することを示すことができた。次にクーポンの対象とすべき商品は、消費者にとって選好度が高いことも重要であるものの、購買の必要性が高い商品であることが分かった。また、RSP はクーポンを用いた売上に対して収益を得るため、対象商品の価格が重要との仮説を立てていたが、その影響は小さく、小売事業者の利益率と、クーポン発行による新規売上の創出が可能であることの方が重要であることが分かった。したがって、経済的メリットを享受することが可能なクーポンや小売事業者が存在することを明らかにし、またその特徴を明らかにすることができたことから、本成果を基にした RVM を用いたリサイクルシステム普及が可能であるとの成果を得た。

第 5 章では、再生加工事業者の調達量安定のため、各行動主体が経済的メリットを享受できる RVM を用いたリサイクルシステムの普及を促進するべきであるといった結論と、今後の展望を述べている。

早稲田大学 博士（経営工学） 学位申請 研究業績書

氏名 鈴木 広人 印

(2017年9月 現在)

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
論文	<p>(論文)</p> <p>○ [1]ペットボトル再生加工業における RVM 導入効果測定モデル, 日本経営工学会論文誌, Vol. 66, No. 3, pp. 287-299 (2015-10) 鈴木広人, 後藤允, 大野高裕</p> <p>○ [2]自動回収機 (RVM) を用いたリサイクルシステムの開発, 日本経営システム学会誌, Vol. 27, No. 2, pp. 1-9 (2010-11) 鈴木広人, 大野高裕</p>
総説	<p>(事例研究)</p> <p>[1]北九州市エコマネー導入による環境配慮行動促進システムに関する研究, 日本経営システム学会誌, Vol. 23, No. 2, pp. 69-74 (2007-3) 小川竜一, 鈴木広人, 後藤允, 田畑智明, 大野高裕</p> <p>(研究ノート)</p> <p>[1]逆工程における問題点抽出・改善方向性の体系化, 日本経営システム学会誌, Vol. 27, No. 1, pp. 51-57 (2010-7) 鈴木広人, 大野高裕</p>
講演	<p>(国際会議)</p> <p>[1]Development of an Analysis Tool at Reverse Process, The 18th International Conference on Production Research, Salerno (2005-8) Suzuki, H., Tanoue, Y., Ito, H., Ohno, T. and Takata, S.</p> <p>[2]Systematization of the Way to Extract Problems and to Develop the Course of Improvement at Reverse Process, Eighth International Conference on Manufacturing Management, Gold Coast (2004-12) Suzuki, H., Tanoue, Y., Ito, H., Ohno, T. and Takata, S.</p> <p>(講演)</p> <p>[1]北九州市エコマネー導入による環境配慮行動促進システムに関する研究, 第 35 回日本経営システム学会全国研究発表大会 (2005-10) 小川竜一, 鈴木広人, 後藤允, 大野高裕</p> <p>[2]リサイクル部品を用いた車両保険に関する研究, 日本経営工学会平成 17 年度秋季大会 (2005-5) 上田陽介, 鈴木広人, 大野高裕</p> <p>[3]使用済みアルミ缶リサイクルにおける最適政策に関する研究, 日本経営工学会平成 16 年度秋季大会 (2004-10) 丸山貴浩, 鈴木広人, 大野高裕</p> <p>[4]再生原料の用途探索アルゴリズムの開発・分析, 第 33 回日本経営システム学会全国研究発表大会 (2004-10) 伊藤博志, 鈴木広人, 大野高裕</p>

早稲田大学 博士（経営工学） 学位申請 研究業績書

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
その他	<p>(論文)</p> <p>[1]A Model of Purchase Behavior under Price Uncertainty: A Real Options Approach, International Journal of Real Options and Strategy, Vol.3, pp.1-12 (2015-2) Suzuki, H., Goto, M., and Ohno, T.</p> <p>[2]サービス生産性定量化に関する研究, 日本経営工学会論文誌, Vol.64, No.1, pp.28-37 (2013-10) 山口真知, 鈴木広人, 吉本一穂</p> <p>(国際会議)</p> <p>[1]Finding Strong Relationships of Stock Prices Using Blockwise Symbolic Representation with Dynamic Time Warping, 2014 IEEE International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Application, Alberobello (2014-6) Thongmee, T., Suzuki, H., and Ohno, T.</p> <p>[2]The Determination of Service Coupling for Non-disruptive System, Third International Symposium on Business Modeling and Software Design, Noordwijkerhout (2013-6) Thongmee, T., Suzuki, H., and Ohno, T.</p> <p>[3]A Visitor Agent's Decision Making Model with Evoked Set in Theme Park Simulation, The 9th Asia-Pacific Complex Systems Conference, Tokyo (2009-11) Ohori, K., Suzuki, H., Saito, y., Iida, M., and Takahashi, S.</p> <p>[4]A Logit Model of Brand Choice and Purchase Incidence: A Real Options Approach 12th Annual International Real Options Conference (2008-7) Suzuki, H., Goto, M., and Ohno, T.</p> <p>(講演)</p> <p>[1]値引き幅がブランド・ロイヤルティに与える影響を考慮した消費者購買行動モデル, 第51回日本経営システム学会全国研究発表大会 (2013-12) 小林祐貴, 鈴木広人, 大野高裕</p> <p>[2]Twitterの特性を考慮した社会的ネットワーク上の非対称な情報伝搬分析, 第51回日本経営システム学会全国研究発表大会 (2013-12) 鳥居壮志朗, 鈴木広人, 大野高裕</p> <p>[3]PB・NB間の相互作用を考慮した消費者購買行動モデルの構築, 第51回日本経営システム学会全国研究発表大会 (2013-12) 田中日瑛, 鈴木広人, 大野高裕</p> <p>[4]従業員の自己啓発における学習行動と影響因子の関係性, 第49回日本経営システム学会全国研究発表大会 (2012-12) 高橋諒, 花木喜英, 鈴木広人, 大野高裕</p> <p>[5]Twitterにおける投稿間の時間間隔を考慮した消費者の意見抽出手法の提案, 第49回日本経営システム学会全国研究発表大会 (2012-12) 渡辺博之, 鈴木広人, 大野高裕</p> <p>[6]消費者の製品知識を考慮した購買行動モデル, 第44回日本経営システム学会全国研究発表大会 (2010-6) 高橋正樹, 鈴木広人, 大野高裕</p>

早稲田大学 博士（経営工学） 学位申請 研究業績書

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
その他	<p>(講演)</p> <p>[7]看護必要度予測モデルの構築, 第44回日本経営システム学会全国研究発表大会 (2010-6) 長井大輔, 鈴木広人, 大野高裕</p> <p>[8]回帰分析を用いたABCによる診療行為別原価計算方法の提案, 第44回日本経営システム学会全国研究発表大会 (2010-6) 野崎翔也, 鈴木広人, 大野高裕</p> <p>[9]医療機関の画像診断機器導入における影響分析, 第40回日本経営システム学会全国研究発表大会 (2008-6) 石田恒太, 鈴木広人, 大野高裕</p> <p>[10]ABCに基づいたコメディカル部門費配布方法の提案, 第40回日本経営システム学会全国研究発表大会 (2008-6) 鵜飼武志, 鈴木広人, 大野高裕</p> <p>[11]Variety-Seeking と Inertia 行動の残存効果を考慮した購買行動モデル, 第40回日本経営システム学会全国研究発表大会 (2008-6) 栗原和弘, 鈴木広人, 大野高裕</p> <p>[12]購買回数によるロイヤルティ変化を考慮した購買行動モデル, 第38回日本経営システム学会全国研究発表大会 (2007-6) 鈴木将章, 鈴木広人, 大野高裕</p> <p>[13]医療機関における原価差異分析方法の提案, 第38回日本経営システム学会全国研究発表大会 (2007-6) 谷内亮太, 鈴木広人, 大野高裕</p> <p>[14]消費者の飽きと商品間の影響を考慮したブランド選択モデル, 第37回日本経営システム学会全国研究発表大会 (2006-12) 上田陽介, 鈴木広人, 大野高裕</p> <p>[15]想起集合を考慮した娯楽選択モデル, 第37回日本経営システム学会全国研究発表大会 (2006-12) 香山雄一郎, 鈴木広人, 大野高裕, 田畑智章</p> <p>[16]Bundle 化された商品の最適販売戦略設定モデル, 第37回日本経営システム学会全国研究発表大会 (2006-12) 春日雄太, 鈴木広人, 大野高裕</p> <p>[17]パチンコ・スロットホールのイベントスケジューリングに関する研究, 第37回日本経営システム学会全国研究発表大会 (2006-12) 木内拓哉, 鈴木広人, 大野高裕</p> <p>[18]採用時における部署と人材の希望を考慮した最適人材配置, 経営情報学会 2005 年度秋季全国研究発表大会 (2005-11) 斉藤大悟, 鈴木広人, 後藤允, 田畑智明, 大野高裕</p> <p>[19]CVS 店舗における消費者の複数カテゴリー購買行動モデル, 経営情報学会 2005 年度秋季全国研究発表大会 (2005-11) 高島大輔, 鈴木広人, 田畑智明, 大野高裕</p> <p>[20]ポートフォリオ理論を用いたCVS店舗における商品構成決定モデル, 経営情報学会 2005 年度秋季全国研究発表大会 (2005-11) 中村壮伸, 鈴木広人, 田畑智明, 大野高裕</p>