

# 博士論文審査報告書

## 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

--

ペットボトルのリサイクルを行う再生加工事業者は、自治体の回収物に対する入札に依存した原料調達を行っている。しかし市況により海外へ輸出を行う自治体も存在し、その市況変動が大きいことから、再生加工事業者の原料調達量は不安定となり、需要とのミスマッチによる多大な損失が生じている。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、再生加工事業者の原料調達を安定化して経営基盤を確立することは、持続可能な資源循環を行うために重要な課題と位置づけられる。

一方、近年、ペットボトルの自動回収機である 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。このような RVM を用いたリサイクルシステムでは、回収されたペットボトルは再生加工事業者が直接調達することが可能であり、入札による調達方法と比較して安定的な調達が可能となる。したがって再生加工事業者にとっては、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(i)RVM を用いた回収による原料調達が、再生加工事業者の利益に及ぼす影響については定量的に明らかにされておらず、普及促進の前段階で影響の程度を確認しておくべきであるといえる。次に RVM を用いた回収による再生加工事業者の利益が増加することが示されたならば、次の課題として、(ii)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、第一に「消費者が RVM へ投入を積極的に行う」ということ、そして第二には「このリサイクルシステムの全ての構成主体が利益を獲得可能である」ことが必要である。従来研究において、消費者の分別廃棄には経済的インセンティブが重要な規定要因であると示されていることから、経済的インセンティブを付与する RVM を用いたリサイクルシステムを構築する必要がある、これが社会的に普及可能であるかを検証する必要がある。

そこで本論文では、まず(i)に対して、RVM を用いた回収の効果である、再生加工事業者の期待利益増加額を評価可能にするモデルを提案し、RVM を用いたリサイクルシステムの有効性を示している。次に(ii)に対しては、消費者に経済的インセンティブを付与する RVM を用いたリサイクルシステムにおいて全ての構成主体が、利益を獲得可能となる条件を検証可能とするモデルを提案している。そしてこの社会的普及の実現可能性が存在すること、さらにはその条件を検証している。

本論文は全 5 章から構成されている。

第 1 章は研究背景、目的が述べられている。

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。すなわちリサイクルシステムの各構成主体に関する研究については、最終製品の高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、および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の 3 つのカテゴリに整理している。次にリサイクルシステム全体に関する研究としては、

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、および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の2つのカテゴリに整理している。その上で、再生加工事業者の原料調達量の安定化に着目した研究が見受けられないこと、また経済的インセンティブを付与するRVMを用いたリサイクルシステムを対象とし、その定量的な経済効果評価を行い社会的に普及可能となる条件を検証する研究は見受けられないことを指摘し、本論文の意義を明確にしている。

第3章では、RVMを用いた回収の効果を利益の面から評価するモデルを提案している。RVMを用いた回収の効果は、再生加工事業者がRVMを用いた回収による原料調達を行う場合と行わない場合の期待利益の差で表すことが可能だが、その期待利益導出には、再生加工事業者の調達量と生産量のモデル化が不可欠である。また、再生加工事業者は需要量と調達量の変動に直面していることから、その変動を考慮したモデル化が必要となる。これに対し、従来研究では他業種における需要量と調達量の変動を扱った研究がなされているものの、本論文で対象とする再生加工事業者をモデル化するためには、調達の構造が異なることから、本論文では調達量の変動要因を拡張したモデルを提案している。数値実験を行った結果、落札の変動が大きい程、RVM回収を行った再生加工事業者の期待利益は増加することが示された。また、RVM回収に対する期待回収量を増加させることによって、再生加工事業者の期待利益が増加することも示している。これらの結果は、変動の大きい入札による調達量を削減し、変動の小さいRVMを用いた回収による原料調達を促進すべきであることを示しており、RVMを用いたリサイクルシステムは再生加工事業者の経営的安定性に対する有効性を示す結果となっている。

第4章では、RVMを用いたリサイクルシステムが社会的に普及可能となる条件を検証することを目的とした経済効果評価モデルを提案している。消費者がペットボトルをRVMへ投入することを促進する経済的インセンティブは、消費者に経済的負担を強いるネガティブインセンティブの場合、製品販売量の減少等、負の効果が存在することが従来研究において指摘されている。これに対し、ポジティブインセンティブを付与する事例においては、消費者にペットボトルをRVMへの投入を促進させる効果を持つが、そのインセンティブを自治体等が負担する構造になっており、補助金終了と共に取り組みは中止され、持続可能性に問題がある。そこで本論文では、小売業界において多用されている割引(%引)クーポンによって消費者にインセンティブを付与し、当該クーポンの利用により売上、利益の増加が期待される小売事業者をクーポン加盟小売事業者としてリサイクルシステムの一構成主体とするモデルを提案している。このモデルにおいては、クーポン加盟小売事業者の増加する利益の一部をリサイクルコストとして適切に充当することで、全ての構成主体が利益を享受できる可能性を考える。すなわちその利益が負となりうる構成主体である、クーポン加盟小売事業者とRVMを設置・維持・管理するRVM事業者の収益、費用をモデル化し、それらの利益が正となる条件を検討している。消費者がペットボトルをRVMへ投入する割合はクーポ

ンの割引率に依存する形で、またクーポンが割引購買に使用される割合についてはクーポンの割引率、および割引購買を行おうと考える商品の特性である選好度、購買の必要性に依存したモデル化を行っている。さらに、クーポン加盟小売事業者の売上特性により、社会的に普及可能な条件が異なることから、売上特性を考慮した経済効果評価モデルの提案を行っている。ここで売上特性としては、クーポンが使用された売上に占める新たに創出された売上の比率、利益率、客単価を考慮している。数値実験では、クーポン加盟小売事業者の売上特性、割引購買対象となる商品特性と、リサイクルシステムの運用において設定されるクーポンの割引率、クーポン加盟小売事業者からRVM事業者へ支払われる手数料率の範囲を導出している。その結果、選好度が高く、購買の必要性が高い商品特性の場合、このリサイクルシステムの普及可能性が存在することが示された。また、クーポン加盟小売事業者の3つの売上特性は、全てその値が高いことが重要であるものの、商品の選好度が「中」程度の場合においても、クーポン加盟小売事業者の利益率が30%の場合には、広い社会的普及可能領域が存在することが示されている。さらに、リサイクルシステム運用において設定されるべきクーポンの割引率、RVMへ支払う手数料率を定量的に示すことが可能となった。

最後に第5章において、結論として本論文の成果をまとめ、今後の展望を示している。

以上を要するに、本論文では再生加工事業者の調達量の安定化に向けて、社会的普及が必要と考えられるRVMを用いたリサイクルシステムに対し、その有効性と実現可能性の条件を示す経済効果評価モデルの提案を行っている。提案の核となる経済効果評価モデルは、需要量と原料調達量の変動を扱う研究という観点からは、従来研究の生産量、原料調達量の変動要因を増加・拡張するものであり、また、リサイクルの経済効果評価の研究の観点からは、従来研究が既存のリサイクル方策に対する評価に留まっていたのに対して、新たなリサイクルシステムの提案とその実現性と条件を定量的に評価可能とするモデルを構築したという点で学術的貢献が見られる。

よって、本論文は博士（経営工学）早稲田大学の学位論文として価値あるものと認める。

2017年12月

審査員（主査）	早稲田大学教授	工学博士	早稲田大学	大野高裕
		（署名）		
	早稲田大学教授	博士（工学）	千葉工業大学	大成尚
		（署名）		
	早稲田大学教授	工学博士	東京大学	高田祥三
		（署名）		
	早稲田大学教授	工学博士	早稲田大学	吉本一穂
		（署名）		