

氏名（本籍地）	大窪 和明		
学位の種類	博士（学術）		
学位記番号	学術（情）博 第 97 号		
学位授与年月日	平成 21 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
研究科、専攻	東北大学大学院情報科学研究科（博士課程）人間社会情報科学専攻		
学位論文題目	供給主導型市場における動的価格均衡と企業行動		
論文審査委員	（主査）東北大学教授 稲村 肇		
	東北大学教授	宮城 俊彦	東北大学教授 赤松 隆
	東北大学教授	奥村 誠	九州大学准教授 加河 茂美
	（東北アジア研究センター）		

## 論文内容の要旨

### 第 1 章 序論

現在、古紙、鉄スクラップや廃プラスチックといった廃棄物リサイクル財を取り巻く環境が急速に変化している。例えば、リサイクルポートなどの静脈物流システムの整備や、各種リサイクル法の制定、施行が国策として行われ、循環型社会形成に向けたインフラの整備が進んでいる。また、近年、急激な経済成長を遂げているアジア諸国への廃棄物リサイクル財の輸出量は急増しており、グローバルなリサイクルシステムが形成されようとしている。廃棄物リサイクル財の輸出増加に伴う国内価格の上昇は、既存の国内リサイクルシステムにも大きな影響を与え、現在、リサイクルシステムの新たな形が模索されている。

国際的なリサイクルシステムにおいては、市場で取引される廃棄物リサイクル財の取引量が増えることが予想される。同時に、廃棄物リサイクル財の発生源となる家計や企業は、市場価格や取引量に生じた変動の影響を受けやすくなる。廃棄物リサイクル財の市場は特に変動が大きいことが、様々な研究によって明らかになっている。そのため、安定したリサイクルシステムを構築するためには、市場価格や取引量の変動メカニズムを把握する必要がある。しかし、廃棄物リサイクル財市場の特徴を考慮したマイクロ経済学的な基礎を持つモデルは数少なく、市場の変動メカニズムは十分に解明されているとはいえない。

廃棄物リサイクル財市場の特徴として、様々な経済活動からの廃棄物の発生に押し出される形となって市場への供給量が決定されるという Supply-Push 型の供給構造が挙げられる。この特殊な供給構造の下では、需給のアンバランスが生じやすく、問屋、またはリサイクル企業の在庫変動に特徴が見られるようになる。近年、様々な実証研究において、廃棄物リサイクル財の市場価格の特殊な振る舞いと在庫変動との関係が調べられている。しかし、それらの研究において用いられた計量経済モデルでは、在庫から価格への一方向的な影響を評価したに過ぎず、価格と在庫の間に生じる相互作用が考慮されていない。この点を解決するためには、経済主体の行動を考慮したモデルを用いて変動メカニズムを解明する必要がある。

そこで本研究では、廃棄物リサイクル財市場の実データの動学的な変動特性が再現可能なマイクロ経済学的な基礎に基づくモデルの開発、および在庫、市場価格および取引量の変動メカニズムの解明を

目的とする。具体的には、価格に対して硬直的な廃棄物リサイクル財の供給量を考慮することによって、Supply-Push 型の供給構造を表現する。このとき、廃棄物リサイクル財の在庫を持つ主体が、a) 問屋である場合と、b) リサイクル企業である場合を区別し、それぞれの特徴に適したモデルの開発を行い、数値実験によってモデルの定性的な性質を明らかにする。次に、実データを用いてパラメータを推計し、モデルの説明力の確認および市場の変動要因の定量評価をおこなう。開発モデルの実データへの適用においては、a) は古紙リサイクル市場、b) は鉄リサイクル市場を対象とし、在庫、市場価格、取引量の変動メカニズムを解明する。

## 第2章 従来研究

本章では、廃棄物リサイクル財の市場価格を扱った研究と在庫を扱った研究とに分類し、関連する従来研究について述べる。廃棄物リサイクル財市場の市場価格を分析した研究は、計量経済モデルがほとんどである。そのため、Lucas 批判に耐えうるミクロ経済学的な基礎に基づくモデルの開発が必要となる。また、ミクロ経済学的基礎に基づくモデルから廃棄物リサイクル財の市場価格を分析した研究は、逆有償化メカニズムの静学分析がほとんどである。そのため逆有償化するまでの過程を捉え、さらに詳しい分析を行うためには、廃棄物リサイクル財の蓄積過程と価格変動との関係を内生化した動的なフレームワークの基で分析する必要がある。本研究では、廃棄物リサイクル財の蓄積過程として企業が保持する在庫を考慮する。

通常財を扱った在庫モデルは、在庫保持者の投入量と産出量の変動の関係性を分析したものがほとんどである。これらの在庫モデルにおいて市場価格は外性変数として与えられている。しかし廃棄物リサイクル財の価格変動は、最終製品価格などの垂直的に関連する市場価格と相互作用を及ぼしあいながら変動しており、これら二つの市場価格を生内化する必要がある。これにより、回収業者の Supply-Push 型の供給構造が、問屋やリサイクル企業の行動に与える影響を明らかにすることができる。本研究では、廃棄物リサイクル財に特有の Supply-Push 型の供給構造を明示し、かつ垂直的に関連した二つの市場、二つの主体を考慮した在庫モデルの開発を行う。

## 第3章 古紙リサイクル市場の解析

本章では廃棄物リサイクル財のマテリアルフローにおける問屋の買入れ市場と販売市場の相互関係を考慮したミクロ経済学的な基礎に基づくモデルを定式化し、市場価格と在庫の変動メカニズムを明らかにする。本章で開発するモデルの特徴は以下の二点である。第一に、マテリアルフローにおいて異なる機能を持つ回収業者と問屋の行動を定式化し、垂直的な関係にある主体間の相互関係を考慮した点である。具体的には、廃棄物リサイクル財の回収を行う回収業者の Supply-Push 型の供給構造と、問屋の価格付け行動との関係を分析できるモデルを構築する。第二に、価格に対して硬直的な供給量と問屋の在庫を同時に考慮することによって Supply-Push 型の供給構造を明示した点である。モデルは Competitive Storage モデル(以下、CS モデル)を拡張したものをを用いる。これにより、問屋の在庫方策と販売価格との関係を明示できる。また CS モデルを基礎としてモデルを構築することにより、既存研究に用いられてきた様々な数値計算法やパラメータの推計手法が活用できる。

こうして定式化したモデルの性質、メカニズムを把握するために数値実験を行う。はじめに実データに見られる以下の二点の変動特性が再現可能であることを数値実験によって示す。

1. 問屋の買入れ価格は販売価格よりも変動が大きい。
2. 買入れ量は販売量よりも変動が大きい。

次に、回収構造、需要構造の変化による市場価格の変動特性の変化を明らかにする。これにより、回収システムの効率化や問屋の在庫設備の改善が、市場価格や取引量の変動に及ぼす影響を明らかにすることができる。

最後に実証分析を行うことによって実データの変動特性に対する、開発モデルの説明力を定量評価し、モデルの性能を確かめる。評価対象とする指標は、販売価格と在庫量に見られる自己相関係数および標準偏差である。その結果、在庫に生じた自己相関が、販売価格に生じた自己相関の約7割が説明可能であることが明らかになった。

#### 第4章 鉄リサイクル市場の解析

前章のモデルでは、廃棄物リサイクル財の海外市場や最終財市場が明示されていなかった。そのため、リサイクル企業の生産構造、最終財価格の変化や海外市場の需要急増による輸出量の増大が廃棄物リサイクル財市場に与える影響を分析することができなかった。

本章では、廃棄物リサイクル財のマテリアルフローにおける問屋とリサイクル企業の行動に着目し、海外市場の影響が問屋の行動を通じて国内市場に伝播するモデルを開発する。開発したモデルを用いて、廃棄物リサイクル財の国内市場、海外市場および最終財市場における価格および取引量の変動メカニズムを明らかにする。定式化したモデルの性質を確かめるために、数値実験を行い、

“消費量の変動に比べて購入量の変動が大きい(小さい)期間は、小型棒鋼製品価格の変動に比べて鉄スクラップ価格の変動が小さい(大きい).”

という実データに見られる変動特性が再現可能であることを確かめた。その結果、この現象を決定づける要因として、鉄スクラップの買入れ費用と小棒製品の生産費用との大小関係や、回収変動と需要変動との大小関係が重要な要因であることが明らかになった。また、市場価格と取引量の間に見られるトレードオフの発現パターンは、国内市場の競争条件によって異なることが明らかになった。

最後に、本モデルを鉄スクラップ市場に適用することによって、Supply-Push型の供給構造が在庫や市場の変動に与えた影響を定量的に明らかにした。また、鉄スクラップの輸出拡大が国内への供給しやすさに与えた影響を定量的に明らかにした。

#### 第5章 結論

本研究では、廃棄物リサイクル財市場の実データに見られる変動特性が再現可能なマイクロ経済学的な基礎に基づくモデルを開発し、在庫、市場価格および取引量の変動メカニズムを解明した。本研究で開発したモデルは、廃棄物リサイクル財のSupply-Push型の供給構造を明示し、垂直的關係にある二つの市場に生じた変動の相互作用を内生化した動学モデルである。第三章と第四章において、問屋またはリサイクル企業が在庫を持つ場合のそれぞれに適したモデルを開発し、経済環境の変化に対するモデルの性質の変化を明らかにした。

本モデルを用いて実証分析を行うことにより、実データからSupply-Push型の供給構造を定量評価することが可能となった。また開発したモデルの実データに対する説明力を定量的に明らかにした。その結果、第3章においては、在庫変動に対するモデルの説明力は高く、販売価格に対しては在庫水

準が高い場合にモデルの説明力が高くなることが確かめられた。第4章においては、輸出が本格化した時期のモデルの説明力が高いことがわかった。また推計された市場価格、取引量の変動は、過剰推計される可能性があることが明らかになった。

## 論文審査結果の要旨

わが国では廃棄物リサイクル財を取り巻く環境が急速に変化している。例えば、リサイクルポートなどの静脈物流システムの整備や、各種リサイクル法の制定、施行が国策として行われ、循環型社会形成に向けたインフラの整備が進んでいる。本研究では、廃棄物リサイクル財市場の実データに見られる動学的な変動特性を表現できる理論モデルを開発し、在庫、市場価格および取引量の変動メカニズムの解明を目的とする。

本論文の構成は全編5章からなり、その構成は以下の通りである。

第1章では、本研究の社会的な背景と研究の目的、および論文構成について述べる。また、廃棄物リサイクル財の代表例として古紙と鉄スクラップを例にとり、それぞれの市場の変動特性、および需給構造の変遷、現状について述べる。15年間のデータに基づく分析は実証研究として価値がある。

第2章では、本研究に関連する既存研究を紹介している。具体的には、廃棄物リサイクル財の市場を分析対象とした静学、動学モデル、通常財の在庫モデルを中心に紹介し、本研究で行うモデル拡張の方向性について記述している。

第3章では、問屋が在庫を持つ場合のモデルを開発し、古紙リサイクル市場に適用することによって、在庫と市場価格、取引量の変動メカニズムを明らかにする。このとき、問屋の買入れ市場と販売市場における変動特性の関係を分析するため、Competitive Storage モデルを垂直的な市場構造を考慮した枠組みに拡張することによってモデルを開発する。数値実験を行うことによって、モデルの定性的な性質を明らかにし、買入れ市場、販売市場それぞれにおける供給構造、需要構造の変化と、それぞれの市場の価格、取引量の変動特性との関係を明らかにした。これは新しい知見である。また、日本の古紙市場における実データを用いて、Supply-Push 型の供給構造を定量的に示し、問屋の在庫、販売価格の変動に与えた影響を定量的に明らかにした。これは非常に新しい理論体系であり、画期的な成果である。

第4章では、リサイクル企業が在庫を持つ場合のモデルを開発し、鉄スクラップ市場に適用することによって、在庫と市場価格、取引量の変動メカニズムを明らかにした。また、近年の輸出量の急増に伴って、鉄スクラップの国内市場の構造が、どのように変化してきたかを明らかにした。本章では、リサイクル企業が鉄スクラップの買入れから鉄鋼製品の生産までを行うことをふまえ、Linear Quadratic Inventory モデルに、鉄スクラップの在庫と買入れ市場を導入することによってモデルの拡張を行った。数値実験を行うことによってモデルの性質を確認するとともに、鉄スクラップ市場の競争条件、供給構造、輸出構造の違いによる在庫、価格、取引量の変動特性の違いを明らかにした。

これもまったく新しい知見であり大きな価値がある。また同じ性格をもつモデルを異なる市場に適用したことにより、モデルの頑健性、汎用性が立証された点も大きな成果と言える。

第5章では、本研究で得られた成果と、今後の研究課題を整理し結論を述べる。

以上要するに本論文は、供給主導型というリサイクル市場の特殊性に着目し、供給主導の動的価格均衡という経済学の新しい枠組みを導入した理論の構築と実証分析による検証を行ったものであり、土木計画学および経済学を含む情報科学の学際分野の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（学術）の学位論文として合格と認める。