

平成22年6月1日現在

研究種目：基盤研究 (B)  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19310100  
 研究課題名 (和文) 経済性と相乗効果を持つ環境調和型ロジスティクスシステムの設計と評価

研究課題名 (英文) Design and Evaluation for Environmental Logistics Systems  
 with Economic Synergy

研究代表者  
 増井 忠幸 (MASUI TADAYUKI)  
 東京都市大学・環境情報学部・教授  
 研究者番号：00061565

## 研究成果の概要 (和文)：

本研究では、環境調和型ロジスティクスシステムの設計のために、環境負荷低減と利潤追求が調和した新物流パラダイム提言のための基礎的研究を行った。主な成果として、トラック燃料計-IC タグ連携システムを開発し、物流プロセスにおける CO<sub>2</sub> 排出量の動的な把握とその可視化の基礎的方法を得た。また、市場から受け入れられるシステム設計のために環境マーケティングの視点から、購買単価・燃料費と CO<sub>2</sub> 排出量の関係を調べ、企業が採るべき戦略についてのシナリオ分析を行った。

## 研究成果の概要 (英文)：

This study is a fundamental research for establishing a new environmental logistic-consume paradigm to bridge the environmental aspect and economic aspect. The main findings are to make possible to grasp and show the CO<sub>2</sub> emissions for each delivery good dynamically in logistics process by developing an information system by combining a fuel gauge and IC tags. Also, on the viewpoint of the environmental marketing, a management strategy for logistics companies was discussed by analyzing the relationship among the customer sales rewards, the fuel costs of truck and the CO<sub>2</sub> volumes in the transportation processes.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	5,100,000	1,530,000	6,630,000
2008年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2009年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
総計	12,900,000	3,870,000	16,770,000

研究分野：環境ロジスティクス、環境マーケティング、サプライチェーン

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学、社会システム工学・安全システム

キーワード：(1) 環境ロジスティクス (2) グリーンロジスティクス (3) 環境物流

(4) ロジスティクスシステム (5) サプライチェーン (6) 二酸化炭素排出量

(7) IC タグ

## 1. 研究開始当初の背景

世界的な競争力を持つ日本の製造業は、これまでに高品質の製品を低コストで製造するノウハウを蓄積し、経済発展を遂げ近代文明社会を築き上げてきた。一方、人類が高度な経済活動を展開するにしがたい、環境問題への配慮は避けて通れない課題となっている。ここでは、環境問題への対処を考えながら経済効率を高めるロジスティクスのある方を追求する。円滑な製造-販売活動が行われるためには、優れた製品企画や生産管理、販売活動だけでなく、“物流”の全体最適の観点に立ち、全体として効率的な価値連鎖を構成していることが極めて重要である。しかしながら、物流プロセスにおいては、市場から求められる物流品質が高まる一方、コストに重点がおかれ、環境配慮型物流という概念はなかなか市場には受け入れられ難い現状にある。そのため、物流サービス品質の向上により顧客満足度を高め、競争力を持つことと、環境配慮という面から社会貢献度を高めるといふ、一見相反する目的を同時に満足させることが企業存続の意味からも重要課題になっている。これを達成するためには、環境に配慮することが経済面でも有利となるようにし、消費者や社会に受け入れられるシステムを構築することが不可欠である。

## 2. 研究の目的

本研究は、増井(2009)(研究業績一覧・図書 文献①)で提唱された、環境負荷削減へ向けた消費者を巻き込んだパラダイムシフトのための基礎研究である。同パラダイムシフトとは、商品を購入する消費者に価格や機能・品質だけでなく、動的に変化する環境負荷情報を提示することによって、消費者自らの意識や行動を低環境負荷の商品・サービスを求めるように変え、これが物流・製造業者に伝播し、さらには社会全体が環境調和型社会へと変貌を遂げることを指す。多くの企業の生産-販売活動は、本質的に経済性を主目的に活動する反面、環境配慮という社会的課題を克服しなければならない状況にある。したがって、本研究は「経済性と環境配慮」の双方に配慮したロジスティクスシステムに焦点を当てる。

本研究では、【1】サービス向上と在庫削減を狙いとするサプライチェーンマネジメント(SCM)の観点、【2】CO<sub>2</sub>排出等の環境問題の観点という経済性と環境問題の双方の視点から研究を行う。企業の利益面で効果をもたらしながら環境負荷を低減させるための新たな物流パラダイムを提案し、その実現のための基礎研究として、CO<sub>2</sub>のリアルタイム把握方法を提案し、かつマーケティングの視点

から、現実の企業活動の実態や意識調査を行い、評価を行う。

研究過程では、大学と企業で密接なネットワークを築き、現実的に実現可能であり、かつ経済面・環境面でインパクトのある方法を検討した。

## 3. 研究の方法

増井(2009)で提唱された環境負荷削減へ向けた消費者を巻き込んだパラダイムシフトのために、次の3つの研究課題に対し、理論面と実務面の双方から研究を行った。

### (1) 環境負荷を測定する方法の確立

一般に、管理は現状の測定に基づいて行われる。経済効率はコストや利益という金銭価値で直接測定が可能であるが、環境負荷については体系化された測定方法が確立されていない。そこで本研究では、環境負荷の重要な基準の一つとしてCO<sub>2</sub>排出量を取り上げ、CO<sub>2</sub>排出量をリアルタイムかつ経済的に測定・把握するための方法、及びその情報蓄積・伝達の方法について研究を行った。

具体的には、

- ①物流過程全体におけるCO<sub>2</sub>排出量を正確に把握すること
- ②これらを荷主や物流事業者、さらには製品個々に按分すること
- ③そのために、燃料使用量等の環境負荷データは勿論のこと、積荷の荷主や商品に関する情報を正確に把握し、伝達することが不可欠であり、これらを実現する測定方法の確立を目指す。そのためのシステムとして、RFIDタグと燃料計システムを用いたCO<sub>2</sub>排出量をリアルタイムに把握するシステムを構築して実装すると共に、その評価を行った。

### (2) 物流プロセスの環境効率を製品価値に転換する方法の提案

物流プロセスにおける環境効率を製品戦略に結びつける方法の検討を行った。最終的には、マーケティング活動までを研究範囲としている。この研究課題では、物流品質が顧客にとって大きな便益となる事業として、宅配物流やレストラン・サービスを対象事例として研究を行った。これらの事例を対象とすることにより、宅配という配送プロセス自体が消費者のベネフィットとなる事業から、レストラン業のような全く業態が異なるサービス事業までを幅広く研究することで、普遍的な一般論と業種の特殊性を切り分けることができるという意味で意義深いと考えられる。

### (3) 環境効率と経済効率を両立する物流パラダイムの提案と評価

本研究では、“共同配送”や“モーダルシフト”、“ミルクラン型物流システム”等をキーワードに、環境効率と経済効率を両立する物流パラダイムの提案を行った。これらの方法をさらに環境効率面から再評価すると共に、その実装方式について情報の流れを含めた検討を行った。新たに提案するパラダイムの有効性を評価するためには、環境効率と経済効率を可視化し、第三者がその効果を確認できることが必要である。本研究では、数理モデルや情報技術を活用して、物流コストやCO<sub>2</sub>排出量といった評価尺度でロジスティクスシステムを評価する枠組みを構築し、モーダルシフトのための意思決定支援システム構築や新たな物流パラダイムの提案と評価を行った。

## 4. 研究成果

### (1) 環境負荷を測定する方法の確立

この研究課題では、物流プロセスにおけるCO<sub>2</sub>排出量の動的な把握を可能にするために、RFIDタグシステムと燃料計を連携させた、トラックのCO<sub>2</sub>排出量リアルタイム算出システムを設計・開発した。さらに、これを実装し、物流プロセスにおけるCO<sub>2</sub>排出量の動的な把握とその可視化のための活用方法を検討した。これによって、商品のライフサイクル、特に物流過程におけるCO<sub>2</sub>排出量を把握・按分して消費者に周知し、それを購買の判断材料にするというパラダイム実現のための基礎的方法を得た。

はじめに、積載する貨物にICタグを貼付し、トラックその他の輸送手段の積み降ろし口にアンテナを取り付ける。貨物が積み下されるごとに、貨物情報を読み取ることによって積載貨物を自動認識する。一方で、各走行区間の燃料使用量を燃料計で把握し、この情報を基に走行区間毎のCO<sub>2</sub>排出量を算出する。最終的に貨物をトラック等から降ろす際に、各走行区間のCO<sub>2</sub>排出量を積載貨物に按分し、貨物に貼付されたICタグに書き込むというものである(図1参照)。このシステムによって、輸送過程のCO<sub>2</sub>排出量を各貨物ごとにリ

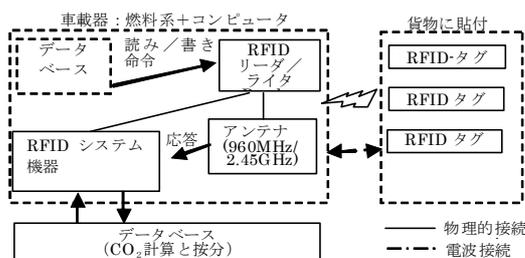


図1. 燃料データの貨物データの取得

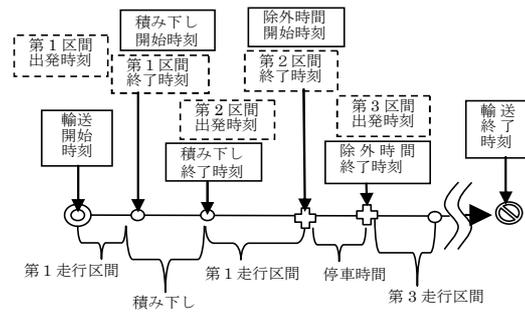


図2. 燃料データの取得時点

アルタイムに把握することができるようになる(図2参照)。

このシステムを用い、CO<sub>2</sub>排出量可視化の方法論について、様々な検討を行った。この研究により、商品のライフサイクル、特に物流過程におけるCO<sub>2</sub>排出量を把握・按分して消費者に周知し、それを購買の判断材料にするというパラダイム実現のための基礎的知見を得ることができた(雑誌論文②、学会発表③、④、⑤、⑩、⑫、⑭、⑮)。

### (2) 物流プロセスの環境効率を製品価値に転換する方法の提案

某宅配物流業者の物流プロセスを取り上げ、消費者に魅力的な配送サービスを明らかにすると共に、特に、平均的に購買単価の高い顧客層のみにアピールするサービスの方法を明らかにした。これは平均購買単価の低い顧客が物流効率を著しく低下させているという分析結果から、このような非効率を低減させる方法として、優良顧客をターゲットとする方法を検討したものである。この研究では、実際に消費者へ提供された実績のあるサービスと現場で今後の導入を検討しているサービスの組み合わせからなる仮想サービスを設定し、コンジョイント分析による検討を行った。その結果、平均購買単価の高い顧客と低い顧客の間で嗜好の度合いが大きく異なるサービスが存在することが明らかとなり、その点を戦略的に活用することで、物流効率を向上させることが可能であることが示された。さらに、シミュレーションによって、“平均購買単価の低い顧客層を取り込まない戦略”の有効性について定量的に明らかにした。この戦略の有効性は、年々効果が蓄積されて大きくなるため、10年や20年後といった長期にわたる効果は非常に大きいものとなることが示された(雑誌論文①、③、学会発表⑪、⑬、⑯)。

また、調達・生産(サービス)・廃棄の物流プロセスからなるレストラン事業のサービス事例に着目し、顧客や店舗従業員のベネフィットについても調査を行った(学会発表⑧、⑨)。この研究では、物流だけでなく、調達物流から廃棄までを含めたバリューチ

チェーン全体について研究を行い、様々な知見を得ることができた。

### (3) 環境効率と経済効率を両立する物流パラダイムの提案と評価

物流における CO<sub>2</sub> 排出量削減のためには、トラック輸送から鉄道・船舶を利用するモダリティシフトが不可欠である。このモダリティシフト促進のために、トラック・鉄道・船舶を対象に海陸一貫の輸送手段選択を支援するシステム開発を行い、コストと環境に配慮した意思決定支援システムを構築し、その有用性を示した。これは、発地と目的地、貨物の種類や量を入力すれば、各輸送手段を用いる場合の最適ルート、実際の時刻表(ダイヤ)や取り扱い可能ターミナル情報に基づき自動選択し、その際の所要時間、費用、CO<sub>2</sub> 排出量などを出力するものである。この際、適切な荷姿も自動選択することも可能としている。荷主は、これらの情報を基に、各自の選好によって輸送手段や日時を選ぶことができる(学会発表①、⑥)。

現在、モダリティシフトによる環境負荷の低減については、多方面でその必要性が主張されているが、現実にはほとんど進行していない。国土交通省と経済産業省は 2010 年 3 月に「モダリティシフト等推進官民協議会」を設け、促進を図っているほどである(増井はこの委員会の座長をつとめている)。これは、現場におけるスイッチングコストが過大評価されていることや、シフトした場合のリードタイムやコスト等がわかりにくいといったことによる。環境効率が良いことは理解できても、様々なリスクや不確定要因に対する情報不足によって導入が進まないのも事実である。本研究で提案した意思決定支援システムは、モダリティシフトの効果を客観的に示し、意思決定の不確実性を低減させることに貢献できると思われる。

また、輸入に頼ることによってその輸送のための環境負荷が著しく大きくなっている木材を取り上げ、国産材との比較を主にその分析を行った。木材を産み出す森林は、CO<sub>2</sub> 吸収とも強く関連し、京都議定書では、管理された森林には CO<sub>2</sub> 吸収量を算入することが

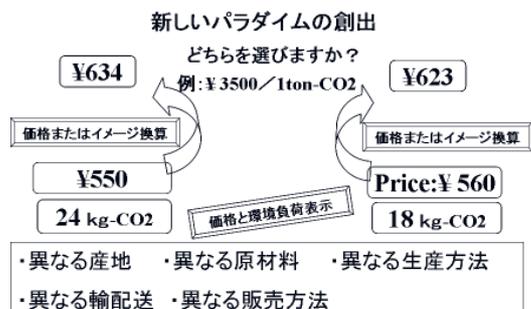


図 3. 新しいパラダイムのイメージ

認められている。そこで、森林の管理を考え、国内の間伐材の活用とその流通過程の環境影響評価を行った。これと、輸入材を使用する場合の流通過程で排出される CO<sub>2</sub> 排出量の現状調査結果とを比較検討し、間伐材活用の有効性を示した。また、以上の分析に基づき林業のマネジメントモデルを提案し、期待される CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果についても試算した(学会発表②、⑦)。

木材の流通という対象は、事例としても興味深く、様々な知見を得ることができた。特に、国産材と輸入材の流通の仕組みと共に、間伐材の有効活用について、ロジスティクス全体の視点から論じた点、および、物流過程から排出される CO<sub>2</sub> 量のみならず、森林による CO<sub>2</sub> 吸収という側面からも検討している点は、本研究の特色の一つであると考えられる。

上記のように、本研究によって、物流・流通過程を中心に、材料調達から消費者意識に至るまで、広範なサプライチェーン全体において、図 3 のイメージ図に示すような、コストと環境負荷の双方の情報に基づいてマネジメントや商品選択を行うというパラダイムの実現に向け、多くの基礎的知見を得ることができた。

### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① 三川健太, 増井忠幸, 後藤正幸: “顧客ロイヤリティ構造図に基づく重要要因の定量化手法に関する研究”, 日本経営工学会論文誌, 査読有, Vol. 59, No. 5, pp. 365-375 (2008)
- ② 増井忠幸, 後藤正幸, 吉藤智一: “物流プロセスにおける商品 1 点あたり二酸化炭素排出量の算定法”, 武蔵工業大学環境情報学部紀要, 査読無, 第 9 号, pp. 6-16 (2008)
- ③ M. Goto, T. Masui, N. Tawara: “A Mixed Distribution System of Direct and Relay Delivery Methods Based on an Analogy of Milk-run Logistics”, 日本経営工学会論文誌, 査読有, Vol. 58, No. 2, pp. 79-86 (2007)

[学会発表] (計 16 件)

- ① H. Ogawa, T. Masui, T. Yamada: “A Design of Decision Support System for Selecting Transportation Mode to Decrease the CO<sub>2</sub> Emissions”, The 2nd International Workshop on Institutional Supply Chain Management (ISCM2009), 査読有, 2009 年 8 月 8 日, Xi'an, China, pp. 473-480 (2009)
- ② T. Ohoka, T. Masui, T. Yamada: “An

- Evaluation of Environmental Impact for Transportation and Forestry Absorption by using of Domestic Thinning Lumbers”, The 2nd International Workshop on Institutional Supply Chain Management (ISCM2009), 査読有, 2009年8月8日, Xi'an, China, pp.481-488 (2009)
- ③ T. Yamada, M. Goto, T. Masui, T. Yoshifuji: “Estimation and Assignment Methods of CO2 Emissions”, The 2nd International Workshop on Institutional Supply Chain Management (ISCM2009), 査読有, 2009年8月8日, Xi'an, China, pp.489-498 (2009)
- ④ T. Yoshifuji, M. Goto, T. Yamada, T. Masui: “Real Time Assignment of CO2 Emissions in Transportation Process -A System Development and Analysis of Information System with RFID-”, The 14th International Symposium on Logistics (ISL2009), 査読有, 2009年7月7日, Istanbul, Turkey, pp.474-481 (2009)
- ⑤ T. Yamada, M. Goto, T. Masui, T. Yoshifuji: “Real Time Assignment of CO2 Emissions in Transportation Process - A Process Improvement by Information System with RFID-”, The 13th International Symposium on Logistics (ISL2009), 査読有, 2009年7月6～8日, Istanbul, Turkey, pp.482-486 (2009)
- ⑥ 小川広幸, 増井忠幸: “モーダルシフト促進を目的とした輸送手段選択支援システムに関する一研究”, 日本経営工学会平成21年度春季大会予稿集, 2009年5月16日, 城西大学, 坂戸, pp.12-13 (2009)
- ⑦ 大岡徹, 増井忠幸: “木材の流通過程における環境影響に関する一研究”, 日本経営工学会平成21年度春季大会予稿集, 2009年5月16日, 城西大学, 坂戸, pp.66-67 (2009)
- ⑧ 林秀貞, 増井忠幸, 後藤正幸: “レストランを対象とした店舗従業員満足度に関する研究”, 日本経営工学会平成21年度春季大会予稿集, 2009年5月17日, 城西大学, 坂戸, pp.116-117 (2009)
- ⑨ 神鳥江里子, 増井忠幸, 後藤正幸: “ビュッフェ形式レストランの顧客ベネフィット分析に関する一研究”, 日本経営工学会平成21年度春季大会予稿集, 2009年5月17日, 城西大学, 坂戸, pp.144-145 (2009)
- ⑩ 吉藤智一, 後藤正幸, 増井忠幸: “輸送過程における二酸化炭素排出量の詳細把握とその意義に関する一研究”, 日本経営工学会平成20年度秋季研究大会予稿集, 2008年10月18日, 大阪府立大学, 大阪, pp.40-41 (2008)
- ⑪ M. Suzuki, T. Tomita, M. Goto, T. Masui: “A Study on Strategy for Improvement of Customer Purchasing Quantity to Realize Efficient Green Logistics in Home Delivery Business”, The 13th International Symposium on Logistics (ISL2008), 査読有, 2008年7月7日, Bangkok, Thailand, pp.538-545 (2008)
- ⑫ T. Yoshifuji, M. Goto, T. Yamada, T. Masui: “Information Modeling to Calculate CO2 Emissions Caused by Distribution and Its Allocation”, The 13th International Symposium on Logistics (ISL2008), 査読有, 2008年7月7日, Bangkok, Thailand, pp.546-554 (2008)
- ⑬ 富田智恵, 鈴木美保, 後藤正幸, 増井忠幸: “宅配サービスにおける物流効率向上のための顧客単価向上策に関する研究”, 日本経営工学会平成20年度春季大会予稿集, 2008年5月11日, 電気通信大学, 東京, pp.82-83 (2008)
- ⑭ T. Masui, M. Goto, T. Yamada, T. Yoshifuji: “An Estimation and Assignment of CO2 Emissions in Logistics”, Northeast Decision Sciences Institute, 2008 Annual Meeting, 査読有, 2008年3月28日, Brooklyn, NY, USA, pp.519-524 (2008)
- ⑮ 吉藤智一, 増井忠幸: “輸配送過程における二酸化炭素排出量把握と荷主への按分方法に関する一研究”, 日本経営工学会平成19年度秋季研究大会予稿集, 2007年10月21日, 小樽商科大学, 北海道, pp.150-151 (2007)
- ⑯ K. Suzuki, T. Masui, M. Goto, H. Nakahara: “A Survey on the Customer's Sense Towards Environmental Logistics and its Application to the Sales and Delivery System”, Proceedings of the 12th International Symposium on Logistics (ISL 2007), 査読有, 2007年7月9日, Budapest, Hungary, pp.368-375 (2007)
- [図書] (計1件)
- ① 増井忠幸 (伊藤達雄・戒能通厚 編著), 『ロジスティクスにおける企業と消費者の協調による環境負荷低減のために』「アジアの経済発展と環境問題—社会科学からの展望」, pp.135-148, 明石書店, 2009

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

増井 忠幸 (MASUI TADAYUKI)  
東京都市大学・環境情報学部・教授  
研究者番号：00061565

### (2) 研究分担者

後藤 正幸 (GOTO MASAYUKI)  
早稲田大学・理工学術院・准教授  
研究者番号：40287967

山田 哲男 (YAMADA TETSUO)  
東京都市大学・環境情報学部・講師  
研究者番号：90334581