

静脈物流に関する研究の動向と課題

—文献レビュー—

本研究では、静脈物流の概念と静脈物流に関する先行研究に対してレビューを行う。1980年代まで静脈物流はロジスティクスの逆向きのプロセスとして定義された。ところが、資源や廃棄物問題などの環境的側面、そして、製品の返品量の増加などの経済的側面の強化により、静脈物流の概念も環境と経済的側面を反映するよう拡大された。また、静脈物流に関する研究も、環境及び経済的側面の強化に伴い、その重要性が増大することとなった。本研究では、静脈物流に関する先行研究に関して、総論や静脈物流システム、モデル、関連法律及び制度の4つの観点から考察を行い、静脈物流に関する先行研究の現状や課題などを示す。

キーワード | **静脈物流, レビュー, 循環型社会, リサイクル**

尹 鍾進
JongJin, YOON

博(工) 前(財)運輸政策研究機構運輸政策研究所研究員

1——はじめに

廃棄物の最終処分場の処分能力の限界や資源の有限性などから、廃棄物のリサイクルなどを通じて天然資源の消費を抑制し環境への負荷を低減する循環型社会の構築が求められている。こうした循環型社会の移行においては、資源の循環を担う静脈物流システムの形成が不可欠であるが、現在の静脈物流は高い水準となっている輸送コストや不法投棄などが課題となっている¹⁾。また、不法投棄防止などのため情報を散逸させず的確に上流・下流に伝達してゆくシステムは未だにできていない²⁾。そこで、その荷姿や取り扱い方法が動脈物流の場合と異なる静脈物流に特化した分析や研究が不可欠であるが、これまでに十分な研究の蓄積があるとはいえない状況である³⁾。

本研究では、以上の背景から既存の静脈物流に関する研究を考察し、静脈物流に関する研究の現状や成果、課題を示す。今後、静脈物流に関する研究に多くの研究者が関心を持ち、研究を進めることを期待しながら、この分野の研究者に一定の方向性を示すことを本研究の目的とする。

2——静脈物流の概念

2.1 静脈物流と循環型社会・循環複合との関係

循環型社会に類似する言葉は様々であり、循環型社会の具体的な社会像もその言葉を用いる主体によって異なっている⁴⁾。

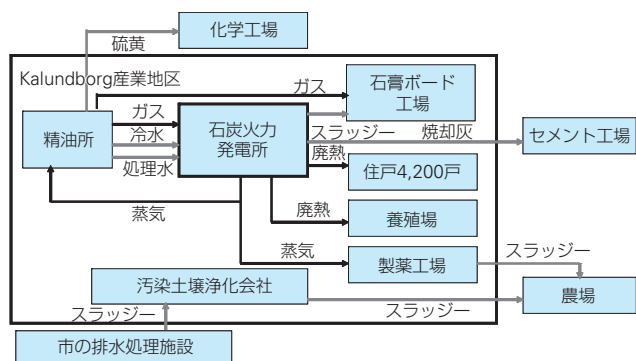
循環型社会形成推進基本法第2条によれば、循環型社会とは、「製品等が廃棄物となることが抑制され、並びに製品等が循環資源となった場合においてはこれについて

適正に循環的な利用が行われることが促進され、及び循環的な利用が行われない循環資源については適正な処分が確保され、もって天然資源の消費を抑制し、環境への負荷ができる限り提言される社会」をいう。そして、循環型社会の目的は、「環境保全や環境への負荷の低減」と「天然資源の消費の抑制」の大きく2つがあり、対策分野としては廃棄物問題関連分野とその他の環境問題関連分野の大きく2つが考えられる⁴⁾。なお、循環型社会における社会像は「自然の循環」、「環境と経済の好循環」、「経済社会における物質循環」の3つの循環の概念から説明できるが、ここで「自然の循環」は自然生態系の循環を乱さないように資源の採取や環境への負荷を管理していこうということであり、「環境と経済の好循環」は環境の保全と経済の発展を統合していこうということである。そして、「経済社会における物質循環」は資源を社会の中でできるだけ循環させて利用していこうということである。

一方、循環複合の構築により循環型社会の形成を図ろうとする取組みがなされているが、ここで、循環複合とは、「単独の経済主体の営みでは結果としてゴミになってしまうのに対して、複数の経済主体が連携して、物資やエネルギーを交換しつつ、資源として活用して廃棄物と環境負荷を限りなくゼロに近づけていこうとすること」である^{5),6)}。すなわち、循環複合は、家計や企業などの複数の経済主体の連携による「経済社会における物質循環」を行うことにより、循環型社会の形成を図る取組みであるといえる。

循環複合の構築による循環型社会の構築に関して、盛岡⁷⁾は循環複合体システムの構築の方向性及び循環複合体の調査結果を示しており、楠部⁸⁾は山形県長井市のレインボープランを事例として環境・経済・社会の面から

評価を行い、意義と課題を示している。そして、循環複合の代表的な事例として挙げられるのがデンマークのKalundborg産業地区である(図一)。KalundborgではKalundborg産業地区内に立地する異なる業種の産業間における副産物の相互の取引を通じて産業からの環境負荷を削減する仕組みが構築されており、産業エコシステムを経済開発とともに実現する資源循環型の産業集積の初期モデルとして注目を集めている。Kalundborg産業地区の場合、産業地区の中で立地する産業間でのエコシステムであることに対して、アメリカのFEBP(Fairfield Ecological Business Park)と北九州エコタウンは地区内にリサイクル産業などが集積され、地区外の広域から使用済み製品を受け入れ、スケールメリットにより再生製品、再生資源を送り出す産業エコシステムを形成している⁶⁾。



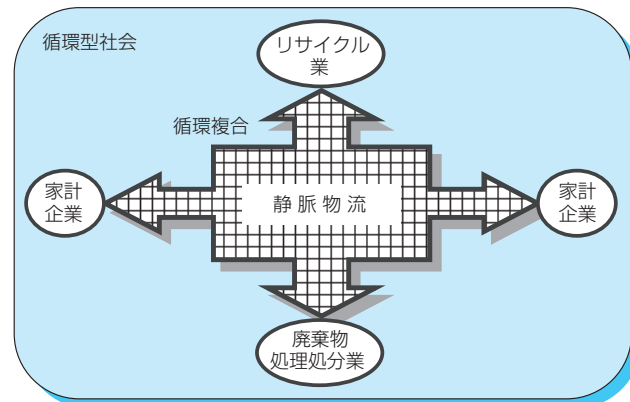
■図一 Kalundborgにおける物質代謝^{注1)}

すなわち、循環複合は、経済主体である家計と事業所(企業)との間や事業所(企業)と事業所(企業)との間など、複数の経済主体の連携や共生により廃棄物の適正な処理や資源として再活用を行い、経済発展とともに環境負荷を低減し循環型社会を形成するという仕組みである。

これに対して、静脈物流は、循環型社会の形成のための循環複合における複数の経済主体間の廃棄物及び循環資源に関する物流を意味しており、「物流用語の意味がわかる辞典」では静脈物流を廃棄物の処理やそのリサイクルに関する物流のこととして定義している⁹⁾。生産された製品が企業や消費者まで届くモノの流れを、人体になぞらえて動脈物流と呼ぶのに対して、企業や消費者から発生する廃棄物などのモノの流れを静脈物流と呼ぶ。

以上のことから、静脈物流と循環複合、そして、循環型社会との関係は、図二に示すことができる。すなわち、「企業間」、又は「家計・企業とリサイクル業・廃棄物処理処分量の間」などの異なる経済主体間の循環複合体の構築(矢印)により循環型社会の形成が可能となり、また、循環複合体の構築は、異なる経済主体間をつなぐ静脈物流(線)により可能である。そのため、静脈物流は循環型社会の構築において廃棄物や循環資源の物流を担当し、循

環型社会の形成において血流のような役割を担当するといえる。

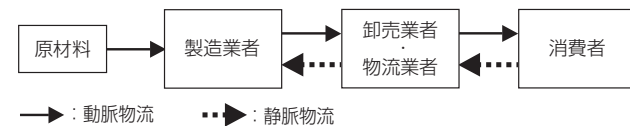


■図二 静脈物流・循環複合・循環型社会との関係^{注2)}

2.2 静脈物流の概念

静脈物流の定義及び概念は、経済主体によって、また、職者によって様々な定義がなされており、その内容にも差がある¹⁰⁾⁻¹⁷⁾。このうち、岡田・塩見¹⁶⁾やFleischmann¹⁴⁾、Krumwiede & Sheu¹⁵⁾などは、静脈物流の概念の変遷についてレビューを行っている。以下では、上記の研究成果に基づいて、静脈物流の概念を考察する。

1980年代までの静脈物流の概念は図三に示す通り、ロジスティクスの逆向きのプロセスとして定義され、損傷・期限切れ・誤配などで製品が逆方向で移動することとして認識された¹⁸⁾。ところが、表一に示すように、「資源及び廃棄物問題や最終処分容量の限界及び処分費用の上昇などの環境的側面」と「製品の返品量の増加や2次及びグローバルマーケットにおけるセール機会の増加などの経済的側面」の強化によって静脈物流の概念も環境と経済的側面を反映するよう拡大された。



■図三 初期の静脈物流の概念^{注2)}

■表一 静脈物流の環境的・経済的側面の重要性の増大^{注3)}

	環境的側面	経済的側面
静脈物流に対する概念の拡大	<ul style="list-style-type: none"> ■使用済み製品と関連する法律の制定 ■資源及び廃棄物問題 ■最終処分容量の限界及び処分費用の上昇 ■消費者の環境意識の向上 など 	<ul style="list-style-type: none"> ■製品の返品量の増加 ■2次及びグローバルマーケットにおけるセール機会の増加 ■サプライチェーンシステムの強化に伴う費用削減及び利益増大観点からの静脈物流の重要性の増加 など

これと関連して、Stock¹⁰⁾は、静脈物流を「リサイクル・廃棄物処理・有害物質のマネジメントに関するロジスティク

3——先行研究の考察

ス」と定義するとともに、広い意味では「資源利用削減,リサイクル,代替,材料のリユース,廃棄物処理といったロジスティクス活動に関連する全てのことを含む」と定義し,前節で示した循環型社会における循環の概念のうち,自然の循環や環境と経済の好循環といった社会的側面を強調した。そして,Rogers & Tibben-Lembke¹²⁾は静脈物流を「原料・製造過程・完成財・関連する情報に対して消費地点から発生地点に至るまで効率的かつ費用効果的なフローを,価値の再取得及び適切な処理のため,計画・実行・コントロールするプロセス」と定義し,循環型社会における循環の概念のうち,経済社会における物質循環といった企業側の側面を強調した。

ところが,上記の研究において,Rogers & Tibben-Lembke¹²⁾は,静脈物流の流れを「消費地点から発生地点に至るまで」として定義することにより,使用済み製品の再利用及びリサイクルなどの企業の経済的側面のみを強調になっており,家計や企業からの廃棄物の処理処分といった静脈物流の社会的な側面は考慮していない。すなわち,消費地点から処分地点までの廃棄物の流れを明確に定義し,静脈物流の社会的な側面を強調すべきである。

また,Stock¹⁰⁾は,廃棄物の処理処分といった静脈物流の社会的な側面を強調しているが,企業活動としての静脈物流の経済的な側面に対しては明確に定義されていない。

なお,静脈物流の定義においては,前節で述べた循環型社会と静脈物流との関係から,静脈物流の具体的な目標を定義として明確化することも重要であると考えられる。

本研究では,上記の検討を踏まえて,環境的側面及び経済的側面,特にますますその重要性が伸びてきている廃棄物問題への対応を考慮し,静脈物流を「原料・製造過程・完成財・使用済み製品・廃棄物・廃棄過程・関連する情報に対して,消費地点から発生地点又は処分地点までの全てのフローを,価値の再取得や適切な処理,広い意味では循環型社会の形成のため,効率的かつ費用効果的に計画・実行・コントロールするプロセス」と定義する(図-4)。

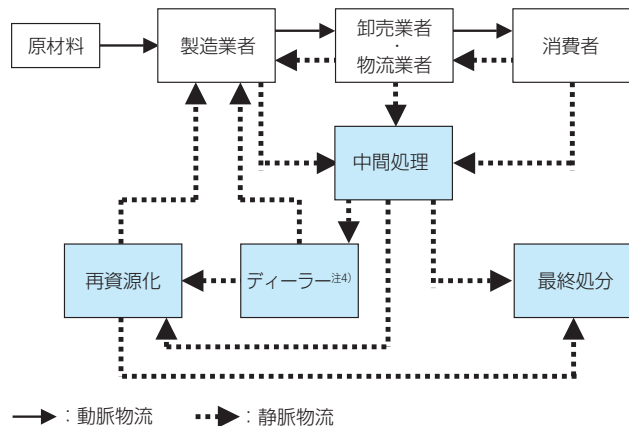
前章の静脈物流の概念で述べたように,初期において静脈物流は,損傷,期限切れ,誤配などで製品が通常のロジスティクスと逆方向に移動することに注目するだけであった。ところが,使用済み製品の活用が企業の利益になりうるという認識の向上とともに,サプライチェーンマネジメントの強化による費用削減及び利益の追求は,リバースロジスティクス活動の増大を招いた。また,資源及び廃棄物問題の拡大や消費者の環境意識の向上などの環境的側面からの要求からもリバースロジスティクス活動の増大を招き,リバースロジスティクスの重要性はますます高まってきた。

一方,静脈物流の重要性の増大に伴い,静脈物流に関する研究も多くなされてきており,Dowlatshahi¹³⁾やPrahinski & Kocabasoglu¹⁷⁾,Fleischmann¹⁴⁾などは静脈物流に関する文献のレビューを行っている。

Fleischmann¹⁴⁾は,輸送,インベントリ管理,生産計画の3つの観点からの考察や静脈物流の検討のために構築されたモデルのレビューを行っており,Prahinski & Kocabasoglu¹⁷⁾は,使用済み製品及び材料の再利用に焦点を当ててレビューを行っている。そして,Dowlatshahi¹³⁾は,静脈物流に関して既存の文献や事例などに基づいて幅広くレビューを行い,既存研究のポイントを整理するとともに静脈物流の構成要因を提示している。具体的には既存の研究を「総論」,「計量モデル」,「流通,倉庫,輸送」,「企業における事例」,「適用範囲」の5つの分類によって考察を行っており,特に「総論」での考察から,効果的な静脈物流のためには以下の点が重要であることを指摘する。

- ・再生(Remanufacturing)は,製造(Manufacturing)のプロセスと調和される必要がある
- ・費用便益分析が必要である
- ・部品表(Bill of material)の改良又は再構築が必要である
- ・静脈物流の効果的なマネジメントや組織的な管理が段階ごとに行われる必要がある
- ・交通モードとネットワークを考慮した輸送システムを効率化する必要がある
- ・静脈物流における包装(Packaging)は,環境への配慮,低コスト,そして,扱いやすくする必要があるのである

そして,「流通,倉庫,輸送」での考察から,3PSP(Third-Party Service Provider)の利用が費用効果的であることを紹介している。さらに,上記の考察に基づいて,静脈物流に関する理論の欠如を指摘したうえで,静脈物流の理論を展開するための基本的な構成要因を「戦略的要因」と「運



■図-4 静脈物流の概念^{注2)}

営上の要因」として分類し提示している。「戦略的要因」は、コスト、質(新材料の製品と比較し、同一の質を担保すること)、サービス、環境への配慮、現在及び未来の関連法律の遵守の5つの要因により構成されており、そして、「運営上の要因」は、費用便益分析、交通、倉庫、サプライマネジメント、再生、リサイクル、包装の7つの要因により構成される。

ところが、上記において検討した彼らの考察は、企業の営業活動のみを限定しており、社会全体のシステムとしての静脈物流の役割といった社会的側面からの考察が欠如している。

本研究においては、彼らの検討を参考に、「総論」、「静脈物流システム」、「モデル」、「関連法律及び制度」の4つの観点から検討を行う。

3.1 総論

上記で示したように静脈物流の包括的な内容の分析と関連しては、Dowlatshahi¹³⁾などが検討を行っており、Bloomberg *et al*¹⁹⁾も既存の文献を参考しながら静脈物流の全般的な概要を紹介している。

上記の研究が既存の文献レビューから一般論にとどまっていることに対して、Lee *et al*²⁰⁾は静脈物流サービスを提供した物流業者の経験から、企業側、特にOEM (Original Equipment Manufacturer) 企業を中心としてサプライチェーン及び静脈物流マネジメントを行う際の重要な要因を述べている。特に、Lee *et al*²⁰⁾は効果的及び効率的な静脈物流の運営のための要因に関する検討を行っている。彼らは効果的及び効率的な静脈物流の運営のためには、「商品の返品に関する管理」、「交通部門」、「施設設備の配置」、「人材・事務・スケジュールといった全般的な作業管理」、「情報システム管理」、「コミュニケーション管理」の6つの構成要因の管理が重要であると指摘しており、特に、静脈物流においてコストの主要な部分である交通部門に関しては、効率化のための要素として「デポの利用、料金、荷役及び輸送の事務管理システムの自動化」をあげている。なお、静脈物流を自社で行うか、それとも3PSP(Third-Party Service Provider)などにアウトソーシングするかという問題に対しては、その決定要素として「量、コスト、作業の複雑性、データ管理、セキュリティ」をあげている。

これに対して、Rogers & Tibben-Lembke¹²⁾は、アメリカにおける静脈物流の現状や事例に関して経済的側面及び環境的側面から幅広く分析を行っており、ヨーロッパにおける静脈物流の事例についても紹介している。特に、静脈物流全般にわたり、既存の研究成果や具体的な事例、調査結果などを示しながら包括的な検討を行っている。

具体的に、静脈物流マネジメントにおける核心要素として「Gatekeeping^{注5)}」、「処理プロセス時間の制御」、「情報システム」、「Centralized Return Centers」、「ゼロ リターン」、「Remanufacture と Refurbishment^{注6)}」、「Asset Recovery^{注7)}」、「交渉」、「ファイナンシャル・マネジメント」、「アウトソーシング」の10の項目を上げて分析を行っている。

一方、上記の研究が企業の経済的側面を中心とした分析であることに対して、Alker & Ravetz²¹⁾は、社会的な観点から廃棄物マネジメントと関連する考察やイギリスの静脈物流の現状を検討している。

ところが、静脈物流の包括的な検討と関連しては、上記で示した彼らの成果があるにもかかわらず、Alker & Ravetz²¹⁾が指摘したように、入手可能なデータの制約もあり、静脈物流の現状と特性に関する分析は十分であるとはいえない状況である。

国内においては、静脈物流に関する研究が数少なく、研究の蓄積が充分であるとはいえない状況であり、特に包括的な検討は非常に少なく部分的な検討に留まる場合が多い。細田²²⁾は建設廃棄物リサイクルを対象として部分的に静脈物流に関する検討を行っており、静脈インフラの整備など公共関与が必要であると主張している。(社)全国産業廃棄物連合会収集運搬部会²³⁾(2000)は、国内の静脈物流事業者(廃棄物収集運搬業)の実態調査を行い、その規模の零細性を指摘している。そして、山本ら³⁾は静脈物流に関する現状分析を行い、廃棄物及び循環資源の西送り現象を検証するとともに静脈物流において東アジアの重要性を示している。また、既存統計データの問題点を指摘したうえ、統計の不整合を解決することを提案している。

ところが、上記の国内における研究及び調査は、静脈物流に関する検討が少ない国内において、ある程度の成果があったにもかかわらず、部分的及び短編的な検討にとどまっていると言わざるを得ない。これに対して、尹²⁴⁾は既存のアンケート調査結果や統計データ、ヒアリング調査に基づいて国内の静脈物流の現状や特性に関する定量的な分析を行い、その現状や特性を明らかにしている。まず、静脈物流の現状として、廃棄物・使用済み製品の処理及びリサイクルにおいて輸送費が非常に高い割合を占めていることを明らかにしている。また、静脈物流の特性として、「短中距離の輸送が多い」、「輸送ロットが小さい」、「時間的に急がない物流」、「リサイクルなどの処理施設への集中型の輸送形態」、「販売のための物流と異なり営業上の秘密が少ない」、「欠品問題がない」、「リードタイムの制約がない」といった7つの特性を示している。

以上のように、上記においては、国内外の静脈物流の総論にかかわる研究のレビューを行い、研究の成果や課

題を示した。ところが、静脈物流においては品目や管理・運営主体によってその運営や管理などの面で大きな違いがあるが、品目や管理主体などを考慮した一般的なプロセス論はまだ示されていない。また、静脈物流の運営に関わる各要素についても詳細な分析や事例なども十分であるといえない状況である。

今後、上記の課題を含めて包括的な分析や静脈物流のあり方、望ましい将来像が示されることが必要であると考える。

3.2 静脈物流システム

本研究における静脈物流システムは、保管、輸送、容器、情報、チェーンマネジメントなど静脈物流の運営・管理に関する部分である。

Fleischmann *et al*²⁵⁾は、品目によってその静脈物流ネットワーク構造も異なることを考慮し、静脈物流システムの全体的なネットワークの構造に関して分析を行っている。彼らは、再利用及びリサイクルと関連して静脈物流ネットワークを「バルク・リサイクリング・ネットワーク(bulk recycling networks)」、「組立品再生ネットワーク(assembly product remanufacturing networks)」、「再利用可能品ネットワーク(re-usable item networks)」の3つのカテゴリーとして分類し、既存の物流ネットワークと比較しながら、静脈物流ネットワークの特徴を以下のように分析している。

- 「バルク・リサイクリング・ネットワーク」：古紙や廃プラスチックなどのように、材料の価値が非常に低く、リサイクルのためには膨大な初期投資が必要であるため、多くの量を集める必要がありそのネットワークは幅広い範囲までわたる。そのため、経済的に生存するためには規模の経済の達成が必要であり、集中的なネットワーク構造を形成する。
- 「組立品再生ネットワーク」：コピー機などのように比較的高い価値を持つ組立品のリユースやリサイクルと関連するものであり、closed loopネットワークを形成する場合が多く、また、既存の物流ネットワークの活用にも多く依存する。
- 「再利用可能品ネットワーク」：コンテナやパレット、ビンなどの容器の再利用と関連するものであり、closed loopネットワークを形成する。

なお、総論のところでも述べたように、Rogers & Tibben-Lembke¹²⁾は、静脈物流システムを効率化するための方策について事例を示しながら幅広く分析を行い、情報システム及びCentralized Return Centersなどの重要性を指摘している。特に、Centralized Return Centersの運用は、一貫性あるセンターの運用によって標準化が可能であるこ

とや、リターンプロセスの質の向上が可能であること、労働力の節減、輸送コストの削減、消費者へのサービス向上などが長所であることが示されている。なお、静脈物流のアウトソーシングに関して事例を通じてその有効性を示している。

上記で、Fleischmann *et al*²⁵⁾は、既存の動脈物流システムと静脈物流システムを比較しながらその違いを明確化するとともに、品目のカテゴリーごとの静脈物流ネットワークの特徴を示している。これに対して、Rogers & Tibben-Lembke¹²⁾は、主に製品の返品に注目しながら、静脈物流システムを効率化するための輸送戦略に焦点を当てて分析を行っている。

Fasano *et al*²⁶⁾は、IBM社のサプライチェーン最適化プログラムであるWIT(Watson Implosion Technology)を利用して静脈物流システムを最適化することが可能であることを示している。

ところが、上記の研究の成果にも関わらず、静脈物流は動脈物流と比べ、供給の不確実性や品目による物流ネットワーク構造の違い、検査過程の必要性など、より複雑な構造となっており、このような静脈物流特有の要素を考慮しながら静脈物流システムのあり方や効率化方策を分析した研究はいまだに課題として残っている。

一方、静脈物流システムに対する部分的な検討として、Daugherty *et al*²⁷⁾及びDaugherty *et al*²⁸⁾は情報システムの有効性を、Kopicki *et al*²⁹⁾やJohnson³⁰⁾、Spicer & Johnson³¹⁾、Krumwiede & Sheu¹⁵⁾などは、静脈物流において3PLの有効性を示している。特に、Kopicki *et al*²⁹⁾はアメリカの事例から静脈物流における3PLサービスの種類や3PLの導入理由について示しており、Krumwiede & Sheu¹⁵⁾は、3PLの重要性や役割を示したうえで、3PLとして静脈物流市場に参入することを検討する際の方法論として静脈物流戦略策定モデルを提示している。

そして、Alker & Ravetz²¹⁾は、イギリスを対象地域として廃棄物及び循環資源の輸送に焦点を当てて静脈物流システムの現状や課題、効率化方策などについて分析を行っている。特に彼らは、今までの研究が土地利用に関して注目していなかったことに対して、土地利用と静脈物流との統合の重要性を主張している。具体的に彼らは、「廃棄物は殆ど価値がないか或は逆有償である。そのため、輸送コストは廃棄物をリサイクルするか、それとも、処分(埋立、焼却)するかを決定する際に、決定的な要因となる。」と示してうえで、鉄道・河川・海岸を利用したインターモーダル輸送を提案している。なお、インターモーダル輸送を可能とするため、土地利用政策・廃棄物政策・経済開発とインターモーダル輸送との統合戦略を提案している。

その他に、European Union Network for the Implementation

and Enforcement of Environmental Law^{32), 33)}は、廃棄物の不法な越境移動の防止のための活動について成果や課題などを示しており、効果的な方策などについて提案を行っている。

国内においては、林ら³⁴⁾が近畿圏におけるリユース・リサイクル品(R&R品)の回収の現状を分析し、R&R品の回収システムの構築に向けた課題を示している。彼らは共同輸送や施設の共同利用など総合的な静脈物流のシステム化を課題としてあげている。また、民間企業では共同化へのインセンティブが強いにもかかわらず調整が困難な場合が多いため、コーディネータの必要性及び法規制の適切な運用、行政の支援などを課題としてあげている。ところが、彼らの研究は、有償のR&R品を主な対象としており、また、地域圏内におけるR&R品の回収を分析の焦点としたため、総合的な静脈物流のシステム化を提案するまでは至っていない。

これに対して、国土交通省港湾局^{35), 36)}や国土交通省総合政策局^{37)~40)}、国土交通省国土交通政策研究所⁴¹⁾、国土交通省港湾局・総合政策局・環境省大臣官房廃棄物リサイクル対策部⁴²⁾、尹^{1), 43), 44)}などは、輸送の側面から効率的な静脈物流システムの構築に関する検討を行っている。

特に、尹^{1), 44)}は、静脈物流システムの効率化のため廃棄物及び循環資源のインターモーダル輸送が必要であることを主張しており、尹⁴³⁾は、静脈物流システムにおいて不法投棄などを防止するためのトレーサビリティシステムを構築する必要があることを主張し、ICタグやGPSを利用したシステムの構築を提案している。なお、(財)九州運輸振興センター^{45)~47)}及び尹⁴⁸⁾は、離島における静脈物流システムの現状や課題に関して検討を行っており、特に尹⁴⁸⁾は現状や課題の分析に基づいて「輸送システム」、「保管システム」、「容器」、「制度」の4つの観点から離島における静脈物流システムの効率化方策を提案している。

その他に、静脈物流システムと関連する研究として、今堀・盛岡⁴⁹⁾はインターネット上のリサイクル情報マッチングシステムについて、中野ら⁵⁰⁾や橋本ら⁵¹⁾、羽原ら⁵²⁾、佐々木ら⁵³⁾などは、廃棄物の輸送距離及び一般廃棄物処理の広域化の適正規模について、小島^{54), 55)}や細田²⁾、寺園⁵⁶⁾、島田⁵⁷⁾などは廃棄物及び循環資源の国際物流について検討を行っている。特に、小島⁵⁵⁾は、廃棄物及び循環資源の国際物流について国際的なマニフェストなどの導入による国際的なトレーサビリティの確保を主張している。

以上のように、保管、輸送、容器、情報、チェーンマネジメントなどの静脈物流の運営・管理に対する静脈物流システムと関連しては、上記のような研究がなされているが、

「バルク」、「組立品」、「再利用品」など品目の特性を考慮した静脈物流システムの設計や管理、そして、動脈物流と静脈物流の連携など、まだ静脈物流システムに関する研究への課題は多く残されている。

今後、上記の課題に対する検討はもちろん、企業の営業活動としての静脈物流と社会全体のシステムとしての静脈物流の両方を考慮しながら将来に向けて静脈物流システムのあり方や方向性を示すことも必要であると考えられる。

3.3 モデル

経済的及び環境的側面から静脈物流を検討するため開発されたモデルに関しては、Fleischmann *et al*⁵⁸⁾及びFleischmann¹⁴⁾が、インベントリ管理、輸送・施設配置などのネットワークデザイン、生産計画の観点から詳しくレビューを行っている。インベントリ管理については確定的及び確率的モデルの両方面から、そして、ネットワークデザインについては輸送・施設配置・ネットワーク設計などの側面から、モデルの変遷過程や特徴について検討を行っている。

本研究においては、生産計画についてはFleischmann *et al*⁵⁸⁾及びFleischmann¹⁴⁾のレビューを参考することとし、「インベントリ管理」、「ネットワークデザイン」、そして、「チェーンマネジメント」の3つの観点から検討を行う。

静脈物流の「インベントリ管理」と関連して、確定的モデルとして伝統的なEOQ(Economic Order Quantity)タイプのモデルを活用している研究は、Richter^{59), 60)}、Minner⁶¹⁾、Dobos & Richter^{62), 63)}などの研究がある。この中で特に、既存の研究が一定のリサイクル率で回収されたものは全て利用できるとして仮定していることに対して、Dobos & Richter⁶³⁾の研究は回収される回収商品の質を評価することも考慮しモデルの構築を行っている。一方、確率的なモデルとしては、van der Laan *et al*⁶⁴⁾、van der Laan & Salomon⁶⁵⁾、Richter & Weber⁶⁶⁾などの研究があり、この中で特に、Richter & Weber⁶⁶⁾はWagner/Whitin(WW)モデルを適用しモデルの構築を行っている。

「ネットワークデザイン」と関連しては、Barros *et al*⁶⁷⁾、Kara *et al*⁶⁸⁾、Alshamrani *et al*⁶⁹⁾、Lu & Bostel⁷⁰⁾、Wang *et al*⁷¹⁾などの研究がある。Barros *et al*⁶⁷⁾は、建設廃棄物のリサイクルと関連し、建設廃棄物リサイクルネットワークの構築のため、固定費用や輸送費用などを考慮した総コスト最小化の施設配置問題としてモデルを構築している。供給においては建設廃棄物を破碎・分離・選別する施設と汚染された建設廃棄物を処理する汚染処理施設の2種類の施設を考慮しており、需要においては需要の不確実性をも考慮している。Lu & Bostel⁷⁰⁾も、施設配置問題としてモデルの構築を行っており、特に、動脈物流と静脈物

流の両方を同時に考慮しながらロジスティクスシステムの最適化を考慮している。Wang *et al*⁷¹⁾は、商品の回収を前提条件とし、施設配置とインベントリ管理の両方を考慮したモデルの構築を行っている。一方、Kara *et al*⁶⁸⁾は、冷蔵庫・洗濯機などの使用済み家電製品のリサイクルと関連し、収集運搬業者、中継基地、処理工場、リサイクル業者などとして構成される収集ネットワークのシミュレーションモデルを構築しており、Alshamrani *et al*⁶⁹⁾は、配送経路と回収戦略を同時に決定する事を試みている。

国内においては、田畑ら⁷²⁾及び荒井ら⁷³⁾などが施設配置問題として静脈物流の効率化を検討しており、特に、荒井ら⁷³⁾は静脈物流の効率化を目的として、施設配置問題及び輸送問題を混合整数計画問題として定式化しモデルを構築している。

ところが、上記における施設配置問題としてのアプローチは確かに静脈物流の効率化に寄与できる施策であるが、例えば、有償のR&R品以外の品目、特に廃棄物と関連しては、誰がどのように施設の適正又は最適配置を行うのか、また、静脈産業の新規立地に対する住民同意などの制約を考慮すると、静脈物流のシステム化に向けての最適な施策であるとは言い難いように思われる。

一方、「チェーンマネジメント」と関連しては、Sheu *et al*⁷⁴⁾、Nagurney & Toyasaki⁷⁵⁾の研究がある。Sheu *et al*⁷⁴⁾は、動脈チェーンと静脈チェーンの純利益を最大化するようにG-SCM(Green-Supply Chain Management)を考慮したモデルを構築しており、これに対してNagurney & Toyasaki⁷⁵⁾は、静脈チェーンの総コスト最小化を目的とした静脈チェーン中心のReverse-Supply Chain Managementモデルを構築している。しかし、これらのモデルは、一つの品目のみを対象としたものであり、静脈品目の特性を十分に考慮しているとは言い難いように思われる。

上記で示したように、静脈物流の現状分析や政策検討のため様々なモデルが構築されているが、企業活動の中で動脈物流と静脈物流の関連性を考慮することや回収品に対して量だけではなく品質の問題に対する考慮、そして、循環資源の量及び質の両面からの不確実性の考慮など課題も少なくない。特に、廃棄物及び循環資源のリサイクルは、規模の経済が作用することを勘案し、モデルの構築の際には、共同輸送や大量輸送などの輸送機関の選択性及びインターモーダル輸送を考慮することも重要であると考ええる。

3.4 関連法律及び制度

2章で示したように、廃棄物及び使用済み製品の処理やリサイクルと関連する法律の制定などの制度変化は静脈物流に大きな影響をもたらしてきた。ここでは、日本の

廃棄物関連の法律及び制度を中心として考察を行う。

廃棄物及びリサイクルをめぐる法的問題として、大橋⁷⁶⁾は、市民からの立場での産業廃棄物施設の問題点を指摘した上で、廃掃法で排出事業者の責任強化、発生抑制の具体化、直罰規定の拡大、住民などの立ち入り調査権などを主張している。そして、大塚⁷⁷⁾及び細田・室田⁷⁸⁾は、廃棄物・リサイクルをめぐる問題点を解決する視点を示した上、法制を分析し、残された課題として、大きく「廃棄物の定義・分類の問題」、「拡大生産者責任(Extended Producer Responsibility)をめぐる問題」、「不法投棄防止と原状回復をめぐる問題」、「処理施設をめぐる問題」などの課題を示している。以下では上記で示した4つの課題を中心として検討を行う。

3.4.1 廃棄物の定義・分類の問題

大塚⁷⁷⁾、細田・室田⁷⁸⁾、小島⁵⁴⁾、山川・植田⁷⁹⁾などは、廃棄物の定義や分類について指摘し、廃棄物を有価か、それとも無価かによって区分する現在の廃棄物の定義に対して、再生されるか否かによって廃棄物を定義すべきだと主張した。特に小島⁵⁴⁾は、EUでは廃棄物を「所有者が廃棄する、或いは、廃棄することが求められている全ての物質及びモノ」として定義すると示した上、現在の廃棄物の定義を変えるべきだと主張した。なお、山川・植田⁷⁹⁾は、廃棄物の分類が一般廃棄物と産業廃棄物として分類されていることに対して、事業系ごみの費用負担と関連して産業廃棄物を排出する工場事業者との不公平が生じることなどを指摘し、事業系一般廃棄物も産業廃棄物と同一に扱われるべきだと主張した。

以上のように、廃棄物の定義・分類に関しては以前から多くの指摘がありましたが、未だに解決されていない状況である。廃棄物の定義・分類の問題は静脈産業及び静脈物流全般において影響が大きいため慎重に進めなければならないが、将来の静脈産業の発展のためにも早く見直しを行うべきであると考ええる。

3.4.2 拡大生産者責任(Extended Producer Responsibility)問題

拡大生産者責任とは、物理的・金銭的に製品に対する生産者の責任を製品のライフサイクルにおける消費後の段階まで拡大させるという、環境政策のアプローチである。

これに対して、細田・室田⁷⁸⁾、大橋⁷⁶⁾、大塚⁷⁷⁾、⁸⁰⁾、⁸¹⁾、山川・植田⁸²⁾、熊本⁸³⁾、李・安田⁸⁴⁾、OECD⁸⁵⁾などは、EPRの確実な導入を主張しており、特に細田・室田⁷⁸⁾は、経済産業省及び環境省で新しく「EPR法」を制定することを主張している。なお、松本⁸⁶⁾は、EPRを通じて「製品価格への環境コストの内部化」を行う際の会計実務上の課題や現

在の法制度の限界を指摘した上で、ドイツでは「廃車輪の処理に関する法律」の施行に際しては所得税法の改正によって対応していることを紹介し、日本でも税法上の改正や配慮が必要であることを主張した。

一方、細田・室田⁷⁸⁾、OECD⁸⁵⁾、Spicer & Johnson³¹⁾は、EPRの移行主体として生産者責任機構(Producer Responsibility Organization, PRO)の必要性を主張する。ここで、PROは、各企業単独では回収費用や取引費用が高くなるため、製品の種類によって製造業者及び輸入業者がグループでコンソーシアムを形成してその活動を行う組織である。日本では自動車リサイクル、容器包装リサイクル、家電リサイクルが該当する。特に、Spicer & Johnson³¹⁾は、拡大生産者責任の移行主体と関連し、製造業者(Original Equipment Manufacturer)主体方式、コンソーシアム(Producer Responsibility Organization, PRO)方式、サードパーティ(Third-Party)方式の三つの方式を比較検討している。

以上のように、拡大生産者責任問題は国内外から多くの研究がなされ、その制度の導入が主張されてきて、日本においても部分的に実施されている。今後、生産者に環境にやさしい環境設計(Design for Environment)などのインセンティブを持たせるためにも、拡大生産者責任制度の確実な導入が必要であると考えられる。また、拡大生産者責任制度の実施は、厳しい財政状況で廃棄物処理に悩んでいる離島の廃棄物処理にも大きく寄与できると考える。

3.4.3 不法投棄防止と原状回復をめぐる問題

細田・室田⁷⁸⁾は、不法投棄の最大の温床である自社処分に対する規制強化を主張し、不法投棄者の不法投棄に対する課徴金規定の新設など、原状回復の支援措置として費用負担のあり方について議論を行った。

ところが、不法投棄の防止のためには、今までの監視や監督、規制強化ということも重要だが、尹⁴³⁾が主張したように、「産業廃棄物処理業者の優良性の判断に係る評価制度」を改善し、現行のシステムに廃棄物処理状況の確認やトレーサビリティの確保を強化することが必要であると考えられる。また、産業廃棄物処理業者にランキング制を導入し、産業廃棄物業界の優良化を促進すべきであると考えられる。

そして、追尾可能なシステムと優良業者などによる静脈チェーンの構築により、自主的な監視機能の強化や不法投棄の防止、適正処理の確保を図るべきであると考えられる。

3.4.4 処理施設をめぐる問題

大塚⁷⁷⁾は、産業廃棄物税による流入規制に対して、産業廃棄物の広域移動という観点から処理業者の規模が

矮小化され、優良な処理業者が育成されにくい恐れがあると指摘し、流入規制目的で産業廃棄物税をおくべきではないと主張した。また、産業廃棄物税は不法投棄にインセンティブを与えることにもなるため税率への配慮が必要であると主張した。そして、処理施設の新設に伴う住民同意に関しては、憲法上の営業の自由と矛盾が生じると指摘した。

以上のように、処理施設問題に関しては、多くの処理施設をめぐる紛争にも関わらず、その解決に向けた研究は十分とはいえない状況である。今後、主要な法的問題の一つとして研究の強化が必要であると考えられる。

上記で示したように、廃棄物及びリサイクルをめぐる法的問題と関連しては、法律全般又は個別リサイクル法について様々な観点から分析がなされてきている。ところが、廃棄物及びリサイクルの物流、すなわち、静脈物流と関連しては法的及び制度上の研究は、社団法人日本ロジスティクスシステム協会⁸⁷⁾、首都圏建設副産物小口巡回共同回収システム構築協議会⁸⁸⁾、日本内航海運組合総連合会基本政策推進小委員会⁸⁹⁾などが、実務的なレベルから静脈物流に関する法律及び制度上の課題を示しているが、十分とはいえない状況である。

今後、廃棄物及び循環資源のリサイクルを活性化するためには、主要な法的問題の一つとして静脈物流に関する法的・制度上の研究も強化される必要があると考えられる。

4—まとめ

静脈物流の初期の概念は、ロジスティクスの逆向きのプロセスとして定義され、損傷・期限切れ・誤配などで製品が逆方向で移動することとして認識されたが、「資源及び廃棄物問題や最終処分容量の限界及び処分費用の上昇などの環境的側面」と「製品の返品量の増加や2次及びグローバルマーケットにおけるセール機会の増加などの経済的側面」の強化によって静脈物流の概念も環境的及び経済的側面を反映するよう拡大された。なお、静脈物流を循環型社会・循環複合との関係から考察すると、静脈物流が循環型社会の形成において血流のような役割を担っていると言える。

以上の検討結果により、本研究では、静脈物流を「原料・製造過程・完成財・使用済み製品・廃棄物・廃棄過程・関連する情報」に対して、消費地点から発生地点又は処分地点までの全てのフローを、価値の再取得や適切な処理、広い意味では循環型社会の形成のため、効率的かつ費用効果的に計画・実行・コントロールするプロセス」と定義した。

一方、上記の環境的側面及び経済的側面の強化により静脈物流に関する重要性もますます増大することとなった。本章では、静脈物流に関する先行研究を、「総論」、「静脈物流システム」、「モデル」、「関連法律及び制度」の4つの観点から検討し、各研究の分野と内容、現状などについて考察を行った。そして、静脈物流に関する研究の課題として、バルク・組立品・再利用品など品目ごとの特性を考慮した静脈物流システムの設計と管理、動脈物流と静脈物流との差及び関連性を考慮した物流ネットワーク設計、企業の営業活動のみを限定するのではなく社会全体のシステムとしての静脈物流の役割に着目した静脈物流インフラの整備、共同輸送や大量輸送などの規模の経済の考慮した静脈物流システムの構築などを指摘した。なお、廃棄物及び循環資源のリサイクルを活性化するためには、主要な法的問題の一つとして静脈物流に関する法的・制度上の研究も強化される必要があることを主張した。今後、以上のような課題を含めて包括的な分析や静脈物流のあり方、望ましい将来像が示されることが必要であると考えらる。

一方、本研究は静脈物流に関する研究の変遷過程の体系化や具体的な比較分析までは至っていない。この点に関しては、今後の課題として残しておきたい。

謝辞: 本研究は、運輸政策研究所の研究者として遂行した研究の一部をまとめたものである。多大なるご支援を頂いた運輸政策研究所に厚く感謝申し上げる次第である。

注

注1) 参考文献6)により引用。

注2) 著者作製。

注3) 参考文献12), 13), 15), 25), 58), 68)により著者作成。

注4) ここでディーラーとは、中間処理後の金属スクラップなどの循環資源を収集し、原材料として販売を行う仲介業者をいう。

注5) Gatekeepingは、静脈物流プロセスの玄関口にあたるプロセスとして、返品などの欠点或は保障の有無などの審査を行うことを言う。

注6) Remanufactureは、回収製品から使用可能な部品を取り出しこれと新規部品を用いて製品を組み立てること。これに対して、Refurbishmentは、使用済み製品のうち品質の優れたものをサービス拠点などに回収し、一部の部品などを交換するとともに適切な掃除を行って再出荷すること。

注7) Asset Recoveryは、利益の最大化及び責任とコストが最小化できるよう、使用済み製品やスクラップ、廃棄物などの選別・処理することである。

参考文献

- 1) 尹鍾進[2007b], “静脈物流の現状分析に基づいた静脈物流の効率化方案に関する研究”, 『土木学会論文誌G』, 63巻4号, pp. 332~344.
- 2) 細田衛士[2006], “3Rと国際資源循環: 経済的観点からの検討”, 『廃棄物学会誌』, 17巻2号, pp. 49~59.
- 3) 山本雅資・細田衛士・宮内環[2006], “静脈物流に関する基礎分析: 東アジアへの展開を視野において”, 『三田学会雑誌』, 99巻2号, pp. 47~65.
- 4) 橋本征二・森口祐一・田崎智弘・柳下正治[2006], “循環型社会像の比較分析”, 『廃棄物学会論文誌』, 17巻3号, pp. 204~218.
- 5) 盛岡通[1998], 『産業社会は廃棄物ゼロをめざす』, 森北出版株式会社.
- 6) 藤田壮・盛岡通・大石晃子[2000], “循環型の産業集積開発事業の計画と評

- 価についての調査研究”, 『環境システム研究論文集』, 28巻, pp. 285~294.
- 7) 盛岡通[1999], “循環複合体研究で得られた社会システム変革の方向性”, 『環境システム研究』, 27巻, pp. 147~152.
- 8) 楠部孝誠・細野智之・植田和弘・内藤正明[2005], “有機物循環システムの評価: 山形県長井市レインポーブランを事例として”, 『廃棄物学会論文誌』, 16巻5号, pp. 409~418.
- 9) 斎藤実[2000], 『物流用語の意味がわかる辞典』, (株)日本実業出版社.
- 10) Stock J.R.[1992], *Reverse logistics*, Council of Logistics Management, Oak Brook.
- 11) Stock J.R.[1998], *Development and implementation of reverse logistics programs*, Council of Logistics Management, Oak Brook.
- 12) Rogers D.S. and Tibben-Lembke R.S.[1998], *Going backwards: Reverse logistics trends and practices*, Reverse Logistics Executive Council.
- 13) Dowlatshahi S.[2000], “Developing a theory of reverse logistics”, *Interfaces*, Vol. 30, No. 3, pp. 143-155.
- 14) Fleischmann M.[2001], *Quantitative models for reverse logistics*, Springer.
- 15) Krumwiede D.W. and Sheu C.[2002], “A model for reverse logistics entry by third-party providers”, *Omega*, Vol.30, pp. 325-333.
- 16) 岡田啓・塩見英治[2003], “リバースロジスティクスの概念の変遷と再検討”, 『日本物流学会誌』, 11巻, pp. 49~56.
- 17) Prahinski C. and Kocabasoglu C.[2006], “Empirical research opportunities in reverse supply chains”, *Omega*, Vol.34, pp.519-532.
- 18) Rogers D.S. and Tibben-Lembke R.[2001], “An examination of reverse logistics practices”, *Journal of Business Logistics*, Vol. 22, No. 2, pp. 129-148.
- 19) Bloomberg D.J., LeMay S. and Hanna J.B.[2002], *Logistics*, Prentice-Hall Inc.
- 20) Lee J., McShane H. and Kozlowski W.[2002], “Critical issues in establishing a viable supply chain/reverse logistic management program”, *Proc IEEE Int Symp Electron Environ*, Vol. 2002, pp. 150-156.
- 21) Alker S. and Ravetz J.[2006], *Spatial planning for integrated waste management*, EnviroCentre Ltd.
- 22) 細田衛士[2000], “建設廃棄物リサイクルの経済的側面”, 『廃棄物学会誌』, 11巻2号, pp. 105~116.
- 23) 社団法人全国産業廃棄物連合会収集運搬部会[2000], 『2000年度収集運搬業者実態調査報告書』, 社団法人全国産業廃棄物連合会収集運搬部会.
- 24) 尹鍾進[2007a], “循環型社会の形成のための静脈物流システムの構築に関する研究”, 『運輸政策研究』, 10巻1号, pp. 67~73.
- 25) Fleischmann M., Krikke H.R., Dekker R. and Flapper S.D.P.[2000], “A characterization of logistics networks for product recovery”, *Omega*, Vol. 28, pp. 653-666.
- 26) Fasano J.P., Hale R., Jacques M. and Veerakamolmal P.[2002], “Optimizing reverse logistics scenarios: A cost-benefit study using IBM’s WIT tool”, *Proc IEEE Int Symp Electron Environ*, Vol. 2002, pp. 306-311.
- 27) Daugherty P.J., Myers M.B. and Richey R.G.[2002], “Information support for reverse logistics: the influence of relationship commitment”, *Journal of Business Logistics*, Vol. 23, No. 1, pp. 85-106.
- 28) Daugherty P.J., Richey R.G., Genchev S.E. and Chen H.[2005], “Reverse logistics: superior performance through focused resource commitments to information technology”, *Transportation Research Part E*, Vol. 41, pp. 77-92.
- 29) Kopicki R., Berg M.J., Legg L. Dasappa V. and Maggioni C.[1993], *Reuse and recycling: reverse logistics opportunities*, Council of Logistics Management, Oak Brook.
- 30) Johnson P.F.[1998], “Managing value in reverse logistics systems”, *Transportation Research Part E*, Vol. 34, No. 3, pp. 217-227.
- 31) Spicer A.J. and Johnson M.R.[2004], “Third-party demanufacturing as a solution for extended producer responsibility”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 12, pp. 37-45.
- 32) European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law[2004], *IMPEL-TFS seaport project report: Illegal waste shipments to developing countries, common practice*, European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law.
- 33) European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law[2006], *IMPEL-TFS seaport project: International cooperation in enforcement hitting illegal waste shipments*, European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law.
- 34) 林克彦・中尾健良・山口健俊[2005], “近畿圏におけるリユース・リサイクル品回収のシステム化について”, 『日本物流学会誌』, 13巻, pp. 139~146.

- 35)国土交通省港湾局[2001],『海運を利用した静脈物流動向調査報告書』,国土交通省港湾局。
- 36)国土交通省港湾局[2002],『海運を核とした静脈物流ネットワーク構築調査報告書』,国土交通省港湾局。
- 37)国土交通省総合政策局[2001],『循環型社会の円滑な物流確保に資する交通体系整備方策に関する調査(海運・鉄道関係)報告書』,国土交通省総合政策局。
- 38)国土交通省総合政策局[2002],『循環型社会の円滑な物流確保に資する交通体系整備方策に関する調査(海運・鉄道関係)報告書』,国土交通省総合政策局。
- 39)国土交通省総合政策局[2003],『ゴミゼロ型都市形成のための静脈物流システム構築に関する調査報告書』,国土交通省総合政策局。
- 40)国土交通省総合政策局[2004],『ゴミゼロ型都市形成のための静脈物流システム構築に関する調査報告書(京阪神圏)』,国土交通省総合政策局。
- 41)国土交通省国土交通政策研究所[2004],『マルチモーダルな静脈物流システムの構築に関する研究』,国土交通省国土交通政策研究所。
- 42)国土交通省港湾局・総合政策局・環境省大臣官房廃棄物リサイクル対策部[2003],『北九州地区における広域廃棄物処理・リサイクル拠点整備計画調査報告書』,国土交通省港湾局・総合政策局・環境省大臣官房廃棄物リサイクル対策部。
- 43)尹鍾進[2008a],“効率のかつ追尾可能な静脈物流システムの構築に関する研究”,『運輸政策研究』,10巻4号,pp.90~93。
- 44)尹鍾進[2009],“循環型社会の形成に向けた静脈物流システムの構築に関する研究”,『運輸政策研究』,11巻4号,pp.89~93。
- 45)財団法人九州運輸振興センター[2003],『離島における廃棄物等の処理・輸送に関する調査報告書』,財団法人九州運輸振興センター。
- 46)財団法人九州運輸振興センター[2005],『奄美群島における静脈物流ネットワークのあり方に関する調査研究報告書』,財団法人九州運輸振興センター。
- 47)財団法人九州運輸振興センター[2006],『鹿児島県の離島における静脈物流ネットワークのあり方に関する調査研究報告書』,財団法人九州運輸振興センター。
- 48)尹鍾進[2008b],“離島における静脈物流の現状と課題”,『運輸と経済』,68巻6号,pp.59~68。
- 49)今掘洋子・盛岡通[2000],“循環社会のためのインターネット上のリサイクル情報マッチングシステム”,『環境システム研究論文集』,28巻,pp.383~389。
- 50)中野加都子・三浦浩之・和田安彦[1997],“容器類の収集・再資源化システムの環境への影響を低減化するための評価”,『土木学会論文集』,566号Ⅶ-3,pp.13~24。
- 51)橋本征二・広池秀人・寺島泰[2000],“コンクリートからリサイクルの環境面からの評価”,『土木学会論文集』,657号Ⅶ-16,pp.75~80。
- 52)羽原浩史・松藤敏彦・田中信壽・井上真智子[2002],“コスト及びエネルギー消費量による一般廃棄物広域化シナリオの比較に関する研究”,『環境システム研究論文集』,30巻,pp.323~332。
- 53)佐々木努・藤原健史・松岡譲[2003],“環境負荷と費用からみた廃棄物処理広域化の規模に関する研究”,『環境システム研究論文集』,31巻,pp.277~285。
- 54)小島道一[2005],『アジアにおける循環資源貿易』,アジア経済研究所。
- 55)小島道一[2006],“アジアにおける循環資源貿易の管理レジームの形成について”,『廃棄物学会誌』,17巻2号,pp.86~93。
- 56)寺園淳[2006],“アジアにおけるE-waste問題”,『廃棄物学会誌』,17巻2号,pp.69~77。
- 57)島田和明[2006],“国際資源循環の現状と問題点:中国を中心として”,『廃棄物学会誌』,17巻2号,pp.78~85。
- 58)Fleischmann M., Bloemhof-Ruwaard J.M., Dekker R., van der Laan E.A., van Nunen J.A.E.E. and van Wassenhove L.N.[1997],“Quantitative models for reverse logistics: A review”, European Journal of Operational Research, Vol. 103, pp. 1-17。
- 59)Richter K.[1996a],“The EOQ repair and waste disposal model with variable setup numbers”, European Journal of Operational Research, Vol. 96, pp. 313-324。
- 60)Richter K.[1996b],“The extended EOQ repair and waste disposal model”, International Journal of Production Economics, Vol. 45, pp. 443-447。
- 61)Minner S.[2001],“Strategic safety stocks in reverse logistics supply chains”, International Journal of Production Economics, Vol. 71, pp. 417-428。
- 62)Dobos I. and Richter K.[2004],“An extended production/recycling model with stationary demand and return rates”, International Journal of Production Economics, Vol. 90, pp. 311-323。
- 63)Dobos I. and Richter K.[2006],“A production/recycling model with quality consideration”, International Journal of Production Economics, Vol. 104, pp. 571-579。
- 64)van der Laan E.A., Dekker R. and Salomon M.[1996],“Product remanufacturing and disposal: A numerical comparison of alternative control strategies”, International Journal of Production Economics, Vol. 45, pp. 489-498。
- 65)van der Laan E.A. and Salomon M.[1997],“Production planning and inventory control with remanufacturing and disposal”, European Journal of Operational Research, Vol. 102, pp. 264-278。
- 66)Richter K. and Weber J.[2001],“The reverse Wagner/Whitin model with variable manufacturing and remanufacturing cost”, International Journal of Production Economics, Vol. 71, pp. 447-456。
- 67)Barros A.I., Dekker R. and Scholten V.[1998],“A two-level network for recycling sand: A case study”, European Journal of Operational Research, Vol. 110, pp. 199-214。
- 68)Kara S., Rugrungruang F. and Kaebnick H.[2007],“Simulation modeling of reverse logistics networks”, International Journal of Production Economics, Vol. 106, pp. 61-69。
- 69)Alshamrani A., Mathur K. and Ballou R.H.[2007],“Reverse logistics: simultaneous design of delivery routes and returns strategies”, Computers & Operations Research, Vol. 34, pp. 595-619。
- 70)Lu Z. and Bostel N.[2007],“A facility location model for logistics including reverse flows: The case of remanufacturing activities”, Computers & Operations Research, Vol. 34, pp. 299-323。
- 71)Wang Z., Yao D.Q. and Huang P.[2007],“A new location-inventory policy with reverse logistics applied to B2C e-markets of China”, International Journal of Production Economics, Vol.107, pp. 350-363。
- 72)田畑智博・後藤尚弘・藤江幸一・井村秀文・薄井智貴[2002],“発生源空間分布から見た廃棄物輸送・再資源化施設の適正配置に関する研究”,『環境システム研究論文集』,30巻,pp.315~322。
- 73)荒井康裕・小泉明・稲貝とよの・前田雅史[2004],“遺伝的アルゴリズムによる静脈物流の最適化計画に関する研究:家電リサイクルにおける回収システムを対象として”,『環境システム研究論文集』,32巻,pp.225~233。
- 74)Sheu J.B., Chou Y.H. and Hu C.C.[2005],“An integrated logistics operational model for green-supply chain management”, Transportation Research Part E, Vol. 41, pp. 287-313。
- 75)Nagurney A. and Toyasaki F.[2005],“Reverse supply chain management and electronic waste recycling: a multitiered network equilibrium framework for e-cycling”, Transportation Research Part E, Vol. 41, pp. 1-28。
- 76)大橋光雄[1997],“産廃紛争解決への課題:「廃掃法」改正の評価と問題点”,『廃棄物学会誌』,8巻5号,pp.367~375。
- 77)大塚直[2001],“循環型社会形成推進基本法の意義と課題”,『廃棄物学会誌』,12巻5号,pp.286~291。
- 78)細田衛士・室田武[2003],『循環型社会の制度と政策』,岩波書店。
- 79)山川肇・植田和弘[2001],“ごみ有料化研究の成果と課題:文献レビュー”,『廃棄物学会誌』,12巻4号,pp.245~258。
- 80)大塚直[2002],“自動車リサイクル法の制度と課題”,『廃棄物学会誌』,13巻4号,pp.193~199。
- 81)大塚直[2006],“容器包装リサイクル法の改正の評価と課題”,『廃棄物学会誌』,17巻4号,pp.166~173。
- 82)山川肇・植田和弘[2006],“容器包装リサイクル法の改正問題と拡大生産者責任”,『廃棄物学会誌』,17巻4号,pp.174~181。
- 83)熊本一規[2001],“家電リサイクル法・容器リサイクル法の問題点とリサイクル法制度の課題”,『廃棄物学会誌』,12巻5号,pp.303~308。
- 84)李松林・安田八十五[2006],“自治体の容器包装リサイクル費用に関する拡大生産者責任制度の導入可能性”,『環境経済・政策学会年次大会報告要旨集』,pp.113~114。
- 85)OECD[2001],*Extended Producer Responsibility: A Guidance Manual for Governments*, OECD。
- 86)松本津奈子[2005],“EPRがめざす「外部費用の内部化」の実現に向けて:リサイクル費用価格内部化を巡る法制度上の配慮の必要性を問う”,『廃棄物学会誌』,16巻3号,pp.170~178。
- 87)社団法人日本ロジスティクス協会[2004],『リバースロジスティクス調査報告書』,社団法人日本ロジスティクス協会。

88)首都圏建設副産物小口巡回共同回収システム構築協議会[2006],『第2回首都圏建設副産物小口巡回共同回収システム構築協議会資料』,(オンライン),
<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/fukusanbutsu/koguchijunkai/>, 2009/3/5.

89)日本内航海運組合総連合会基本政策推進小委員会[2005],『新規物流に関する研究』,日本内航海運組合総連合会基本政策推進小委員会.

(原稿受付 2009年6月5日)

Trends and Issues of the Study on Reverse Logistics : A review

By JongJin YOON

This article reviews concepts of reverse logistics and research works on the reverse logistics. In the early days, it was defined as the inverse process of logistics. However, the concept was later extended to include the perspective of the environment and economy, since increased flow of the returned goods and waste material became an important issue. Many researches have responded to the need of conducting research on this new perspective on reverse logistics. This study conducts review on four main areas, such as general framework, reverse logistics system, models, and related laws, and finally points out the areas in need of further research on the reverse logistics.

Key Words : **Reverse logistics, Review, Sound material-cycle society, Recycling**
