

# 家電リサイクルにおける静脈物流の効率化について

日大生産工(院) ○ 鐘 旭 日大生産工 大澤 紘一  
 日大国際関係 若林 敬造 産業能率大学 藤田 祐

## 1. はじめに

循環型社会の形成に向けて、平成13年4月1日に家電4品目：テレビ、冷蔵庫、洗濯機、エアコンを対象とした特定家電用機器再商品化法、すなわち、家電リサイクル法が施行された。家電リサイクル法の仕組みは図1に示すように、排出者（消費者）が収集・運搬費用と再商品化（リサイクル）費用を負担し、小売業者は排出者からの廃家電の収集と指定引取場所への運搬の義務を負い、そして製造業者が廃家電を指定引取場所からリサイクル施設へ運搬し、リサイクルする義務を有するものである。製造業者のグループにより、指定引取場所とリサイクル施設はAおよびBグループに分けられ、廃家電の引取りとリサイクルが実施されている。

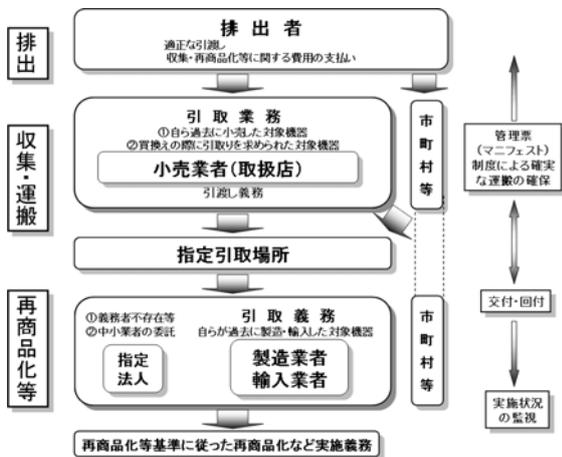


図1 家電リサイクル法の仕組み<sup>1)</sup>

廃家電の処理台数は年々増えており、平成17年度には1163万台となり、順調にシステムが稼動している。しかし、経営の視点から見ると、リサイクルは生産とは違って、インプットは消費者から回収した廃家電と徴収したリサイクル料金であり、アウトプットは再生材料となる。

付加価値が上がるのではなく、付加価値が下がらないようにするのがリサイクルの特徴である。付加価値を下げないために、リサイクル率を如何に上げるか、あるいは、コストを如何に下げるかが重要な課題となっている。

一方、対売上高物流コスト比率は、平成10年のデータで、リサイクル業では30%<sup>2)</sup>となっており、他の産業の10%以内と比べて、大きいことから、物流コストの低減、すなわち静脈物流システムの効率化がもう一つの課題である。

R. Canan Savaskan<sup>3)</sup>は部品リユースを考えたOEM生産を対象に、同じ順工程で、逆工程のパターンが異なる場合のメーカー利益と小売店利益を比較し、最適な循環型サプライチェーンのビジネスモデルを提案したが、現実的な静脈物流システムを考慮していなかった。さらに、井上<sup>4)</sup>は動脈物流における輸配送総括コストの削減効果の高いロジスティクス計画システムを開発するため、サプライチェーン総コストを明確化し、それを最小にする最適計画を計算によって求めることを可能とした。一方、Salema<sup>5)</sup>は、倉庫の配置問題を中心に、コスト最小化するための消費者（排出者）、倉庫と工場間の動脈と静脈のモデルを考えたが、小売業者を含めていない。

そこで、本研究は家電リサイクル法に基づく、現実的な静脈物流を対象とし、物流コストを削減するため新しくモデルを考え、そしてそれらを数式化し、東京都と千葉県地域について、シミュレーションにより物流コストを計算し、それを比較してみた。また、リサイクルプラントの操業の効率化を図り、リサイクルコストを低減する方法についても検討した。

## 2. 静脈物流の効率化におけるモデルの考え方

### 2.1 収集・運搬におけるコスト低減モデル

#### 2.1.1 モデル A

モデルAは家電リサイクルの現状モデルであり、図2に示す。小売業者が自社の車あるいは運送業者に頼んで、排出者から廃家電を自分の所に回収し、そして、それを指定引取場所へ運搬する。指定引取場所は一定の量になったら、あるいは、時間ごとに廃家電をリサイクルプラントまで運搬する。

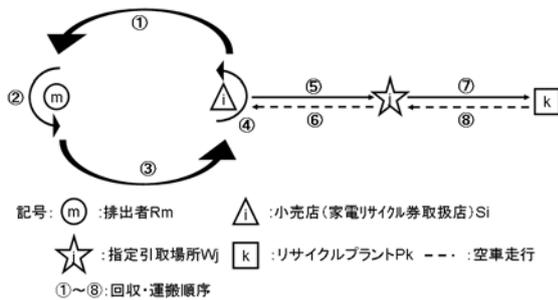


図2 モデル A

このモデルを数式化する場合、すべての取引関係を「環」で表現すると分かりやすい。多くの小売店に多くの排出者が対応していて、多くの「環」が同時に存在している。同じように小売店と指定引取場所の間も「環」が存在している。「環」の円周は運搬車両の走行距離を表していて、「環」の数は存在している取引関係の数を示している。地域内の排出者、小売店、指定引取場所の分布状況を考えて、小売店と指定引取場所間の「環」は小売店と排出者の間の「環」より少なく、大きいと想定できる。そして、指定引取場所とリサイクルプラントまでの「環」を含めて、モデルAの概念図は図3のようになる。

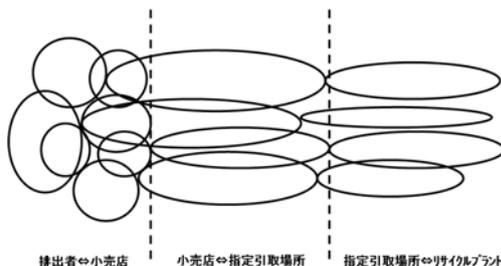


図3 モデル A の概念図

「環」と「環」の接点は同じ関係者を表わし

ている。「環」と「環」が重なっている部分は同じ地域を運搬車が重複して走ったと考えれば良いであろう。この図から見ると、「環」は沢山存在していること、そして重なっている部分が多いこと、そして「環」は小さくて管理しやすいことがこのモデルの特徴だと言える。

#### 2.1.2 モデル B

このモデルは現状モデルAをベースに、指定引取場所を増やしたモデルであり、図4に示す。指定引取場所は現状では廃家電の製造者によって、指定引取場所がA又はBと異なるが、その区別をなくして、いずれの引取場所に搬入しても良いという考え方である。しかし、概念図は省略するが、モデルAと比較すると、小売店と指定引取場所の「環」及び指定引取場所とリサイクルプラントの「環」を小さくする考えである。しかしこの際、「環」の数も増える。

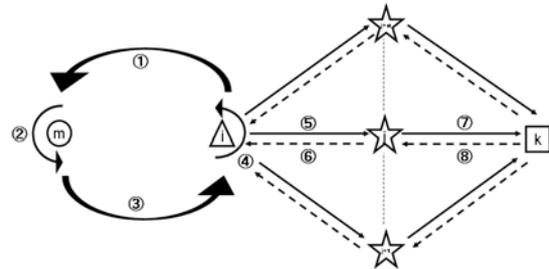


図4 モデル B

#### 2.1.3 モデル C

モデルCを図5に示す。小売店は新品への買換えの際に廃家電を引取る以外に、自ら過去に売った家電も引き取りを求められた場合には引取る必要がある。排出者から回収した廃家電は一度小売店に降ろして、そしてそれを指定引取場所まで運搬している。そこで、廃家電の回収・運搬を小売店を経由せずに行うモデルを考える。廃家電の回収・運搬を小売店が行わず、新品の納入と廃家電の回収を一括して、運送業者が行い、廃家電を排出者から指定引取場所へ直接届けるという考え方である。小売店と指定引取場所が連携して運送業者を手配する、いわゆる、3PLの考え方である。このため、リサイクル券情報の共有が必要となる。

このモデルを抽象化すると、図6の概念図となる。この図から見ると、小さい「環」がなく

なり、指定引取場所から排出者までの大きい「環」と変わる。

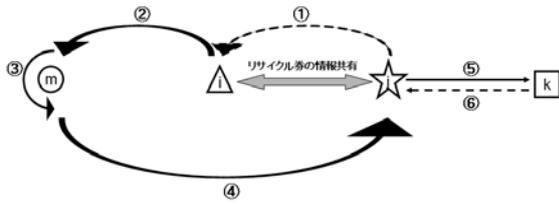


図5 モデルC

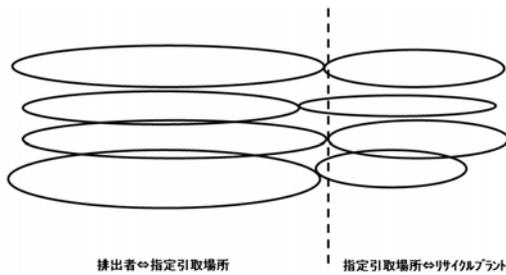


図6 モデルCの概念図

### 2.1.4 モデルD

モデルCをベースに指定取引場所を増やした場合、物流コストにどのような影響が出るかを見るのが図7に示すモデルDである。指定取引場所の増加によって、担当範囲が狭くなり、排出者との距離が短くなる。しかし、モデルBと同じように、同じ台数を引取る場合に運搬回数が増える可能性がある。

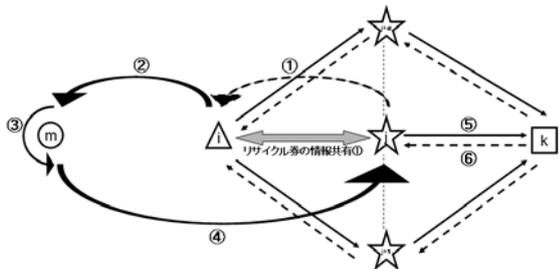


図7 モデルD

そのモデルの概念図は省略したが、図6より「環」の数が増える。

## 2.2 再商品化におけるコスト低減モデル

以上、モデルA、B、C、Dは運搬距離の短縮による物流コストの低減を目的として考えたモデルである。さらに、再商品化、すなわち、リサイクルコストを下げるには、物流の面だけでなく、リサイクルプラントを中心とするシステムの全体最適が必要と考えられる。リサイクルコストを低減させるには、廃家電を分解し易くする製品設計、リサイクルしやすい材料の選

択、リサイクル処理システムの改善などとともに、リサイクルプラントの安定操作を確保することが重要である。現在の廃家電リサイクルシステムの問題は、指定引取場所は廃家電の台数を調整せずにたまった分だけリサイクルプラントへ運んでいるので、リサイクルプラントでは前日にならないと、その日に納入される廃家電の台数が分からない。リサイクルプラントでは処理設計能力に見合った台数がコスト的にも見合うと言われており、処理能力に対して常に一定の処理台数を確保すること、すなわち、処理台数の平準化を図ることが必要な工数を安定させ、リサイクル効率を高めるために有効と思われる。

指定引取場所とリサイクルプラントは同じグループ内であることから、業務の効率化とコストダウンを図るために、現状のPush型システムから、Pull型システムへの変更が有効かどうか検討する必要がある。

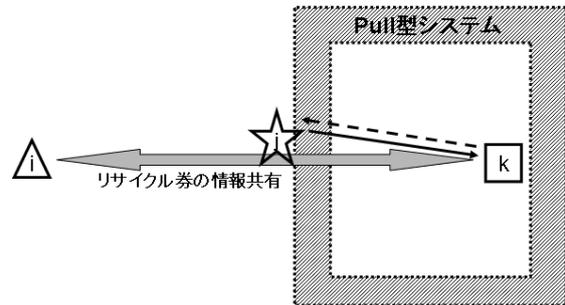


図8 Pull型システムモデル

例えば、ある指定引取場所で集まった量が少ない場合、他にも量の少ない指定引取場所と合わせて一定量を確保して搬入するとか、既にリサイクルプラントの処理能力を超えた在庫がある場合はしばらく輸送しないとか、処理台数の平準化が図れるような方法が考えられる。

## 3. 静脈物流の効率化におけるシミュレーション方法

- ① モデルを全部数式化した。人件費、固定費、管理費などコストは細かく定義しにくいので、コストは運搬距離に比例すると仮定して、計算を行った。
- ② 東京都と千葉県を検討範囲として設定し、その地域の排出者、小売店、指定引取場所

そしてリサイクルプラントの数をもとに、割合を求めて、排出者と排出者間の距離、排出者と小売店の距離、小売店間の距離、小売店から、指定引取場所までの距離、そして、指定引取場所からリサイクルプラントまでの距離などを仮定し、シミュレーション条件として設定した。

- ③ EXCELにて、所定の範囲内で乱数を発生させ、数式に従ってシミュレーションを20通り行った。
- ④ Push型とPull型システムモデルの比較については、リサイクルプラントの受入れ量を10日間の期間で試算し、比較してみた。

#### 4. 静脈物流の効率化におけるシミュレーション結果

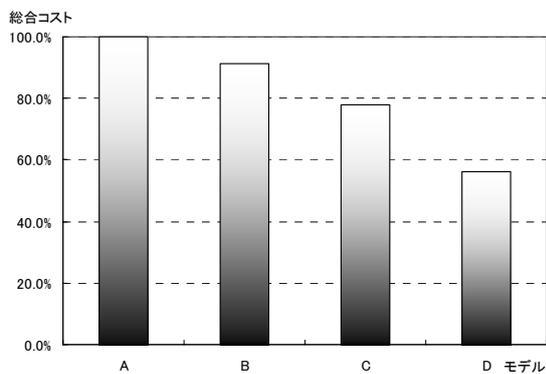


図9 モデルA, B, C, Dのコスト比較

指定引取場所を1.5倍に増やした場合のモデルBはモデルAより10%近くコストが削減できる。また、小売店を経由しないモデルCはモデルAより22%ほどコストを削減することができる。さらに、モデルDでは50%近くコストを削減することができる。

さらに、Push型システムをPull型システムへ変更すると、図10のように、リサイクルプラント側の受入れ量の平準化が得られることが分かる。さらに、Pull型システムの場合は採算稼働率ライン70%<sup>6)</sup>を維持することができる。

しかし、平準化するために、指定引取場所からの運搬台数の増加によって、どれぐらい物流コストが上がるか、また、平準化することによりリサイクル処理コストがどれぐらい低減できるかについてはさらに検討する必要がある。

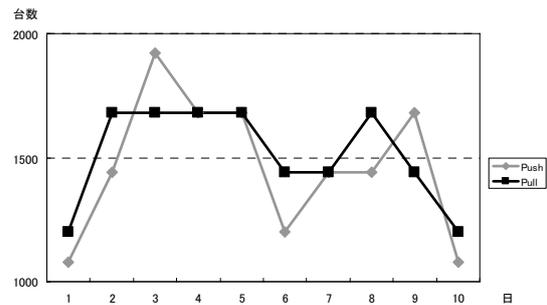


図10 Push型とPull型システムによるリサイクルプラントの廃家電受入れ量の計算結果

#### 5. おわりに

静脈物流システムの改良によって、運搬コストを削減できることが確認できた。また、運搬距離を短縮することによって、CO<sub>2</sub>の排出量の削減にもつながると考えられる。

今回、Pull型システムモデルは日々の変動を対象としたシミュレーションを行ったが、季節変動に対応する仕組みをさらに検討する必要がある。また、静脈物流だけでなく、動脈物流も含め、すなわち、サプライヤーから消費者までのSCMをリサイクルプラントまで広げて、全体最適を図るためのモデルを考えることも今後の課題である。

#### 6. 参考文献

- 1) JASMEC, 循環型社会の形成に向けて家電リサイクル法(特定家庭用機器再商品化法), (2002)
- 2) JILS, 「業種別物流コスト実態調査」, (1998)
- 3) R. Canan Savaskan, 「Closed-Loop Supply Chain Models with Product Remanufacturing」, Management Science Vol.50 No.2 (2004), pp.239-252
- 4) 「中国ー日本の物流に対応する広域ロジスティクス計画システムの開発」, 日本ロジスティクスシステム学会, 第8回全国大会予稿集 (2005)
- 5) Salema MI, Barbosa-Póvoa AP, Novais AQ, Journal of the Operational Research Society Vol.57, pp. 615-629 (2006)
- 6) 遠藤保雄, 「循環型社会への挑戦」, (2002), pp.96-97