

廃棄物物流の実態把握
～仙台市の廃家電を対象として～

Physical Distribution of Electrical Appliances Waste in Sendai City
-A Field Survey and Insights-

結城拓児^{*}, 稲村肇^{**}, 蜷川陽一^{***}, 加河茂美^{****}

By Takuji YUKI^{*}, Hajime INAMURA^{**}, Youichi NINAGAWA^{***}, Shigemi KAGAWA^{****}

1. はじめに

ごみ処理事業の改善を図るには、収集運搬過程の効率化が重要である¹⁾。廃家電四品目（テレビ、洗濯機、冷蔵庫、エアコン）は家電リサイクル法の制定により今後メーカー引取りとなる。現在これらの廃家電は一般廃棄物と産業廃棄物に分けて排出され、その収集運搬は排出先ごと、処理段階ごとに行われており全体を通した物流経路が不明である。また収集運搬の効率化を図るための最も基本となる物流コストが把握されておらず、廃家電の物流コストの推計に関する研究はなされていない。物流コストの推計方法を確立することで物流システム全体を通した収集運搬の経済的な効率性を評価することが可能になる。本研究の目的は以下の3点である。

- 1) 仙台市における廃家電四品目の物流システムを把握する。
- 2) 廃家電の物流コスト推計方法を提案する。
- 3) 現在及び家電リサイクル法の制定によって予測される物流システムの変化について物流コストを算出し、排出先による収集運搬効率の比較評価を行う。

2. 仙台市における廃家電物流システムの把握

(1) 推計対象

仙台市内において発生する廃家電四品目を推計対象とする。ここで、各家庭からゴミ集積所までは距離も短く個人が運び、販売店においては新規購入時の配送において廃家電を引取るため、一般家庭より各排出先までの運搬過程は推計対象に含めないものとする。

(2) ヒアリング調査

現在の廃家電物流システムを把握するため、仙台市における廃家電に関する業務を行っている団体、業

者らに対してヒアリング調査を行った。ヒアリング調査数を表-1に、把握された廃家電物流システムを図-1に示す。

表-1 ヒアリング調査結果

項目	業種		総数	調査数	
一般廃棄物	自治体	粗大ゴミ処理場	2	1	
		仙台市環境局	1	1	
		粗大ゴミ回収委託業者	3	1	
産業廃棄物	販売店	量販店	15	9	
		小売店	337	10	
	産業廃棄物処理業者	中間処分許可業者	20	10	
			収集運搬許可業者	100	30
			廃家電製品適正処理協力センター	1	1

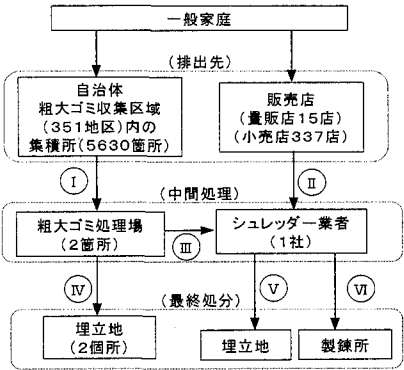


図-1 仙台市における廃家電物流システム

ここで廃家電が各排出先に出された後の運搬過程をⅠ～Ⅵとする。運搬過程Ⅰにおいて廃家電は収集区域ごとに粗大ゴミと一緒に回収されている。運搬過程Ⅱにおいて販売店からの運搬は各店舗ごとに行われている。また粗大ゴミ処理施設において破碎された廃家電から回収される有価物（鉄、銅、アルミ）は全てシュレッダー業者に持ち込まれ、シュレッダー業者において回収された有価物は製錬所に運ばれる。

3. 物流コスト推計

(1) 排出先所在地の決定

図-2に示す国勢統計区を用いて排出先の所在地を決定する。各統計区内には世帯数に比例した数の

Keywords: 物資流動

*学生員 東北大学大学院 情報科学研究科
**F会員 工博 東北大学教授 情報科学研究科
***正会員 日揮
****学生員 東北大学大学院 情報科学研究科
(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉06
TEL 022-217-7497, FAX 022-217-7494
E-mail:yuki@plan.civil.tohoku.ac.jp)

ゴミ収集区域と小売店が存在していると仮定する。量販店、シュレッダー業者、埋立処分場、製錬所は実際の所在地を含む統計区内に存在するものとした。

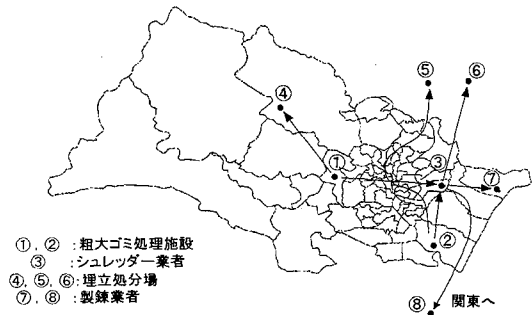


図-2 国勢統計区と中間処理以降の廃棄物物流経路

(2) 推計方法

図-3に示す推計フローにより物流コストを算出した。ここで運搬過程Ⅰにおいて自治体は廃家電のみを回収しているわけではないため、粗大ゴミを運搬する費用を基に推計した物流コストを廃家電の物流コストとした。

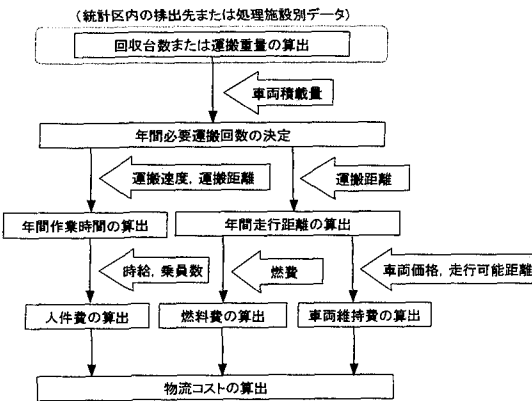


図-3 物流コスト推計フロー

(a) 回収台数の算出

野村総合研究所²⁾が行なった廃家電四品目に関する発生量の推計をもとに仙台市の発生台数を世帯比により算出した。次に、廃家電の廃棄方法についての県民意識調査³⁾に基づき各排出先の年間回収台数を求め、統計区内の収集区域数または販売店の店舗数から各統計区内の排出先別の回収台数を求めた。

(b) 運搬における仮定

ヒアリング調査により把握された各運搬において使用される車両及びその乗員数を表-2に示す。宮

城三菱ふそう自動車販売⁴⁾による車両価格と燃費の資料を基にした各各種の車両特性を表-3に示す。ここで、2t平トラックの積載量についてはこれが破碎されないものを運搬するのに用いられるため実積載量を1.5tとする。車両を使用することによる費用を考慮するため車両の走行可能距離を100,000kmと仮定した。

表-2 各運搬過程における使用車種

運搬過程	使用車両	乗員数
I	4t破碎車, 2t平トラック	2人
II	2t平トラック	2人
III, IV, V, VI	4t平トラック	1人

表-3 車両特性

車種	車両価格(円/台)	積載量(t)	使用燃料	燃費(km/l)
4t破碎車	650000	2	軽油	3
2t平トラック	283600	1.5	ガソリン	6.5
4t平トラック	477300	4	ガソリン	6

(c) 年間必要運搬回数の算出

廃家電及び、廃棄物の運搬は運搬に用いられる車両の積載量に達したときに行われると仮定した。年間必要運搬回数 k を次式で定義する。ただし、運搬回数は整数となるように小数点以下は繰り上げた。

ただし、一般廃棄物の回収は一集積区域年4回と定められているので年間運搬回数は回収日の発生量から求められる運搬回数を4倍したものとする、また販売店において月の発生量が積載量に満たないとしても最低月1回は行われることとする。この条件の元で運搬過程Ⅰ、Ⅱの統計区 i の年間必要運搬回数 k_i^1 、及び運搬仮定Ⅲ以降の運搬回数 k^x を次のように定義する。

運搬過程Ⅰ

$$J_{si}^I = \frac{\left(\frac{Q_{all}^s \times E_i}{E_{all}} \right)}{(S \times X_{si})}$$

$$n^I = \frac{J_{si}^I}{T_v}$$

$$k^I = S \times n^I \times X_{si} \quad (1)$$

J_{si}^I : 各統計区の集積区域において回収日に廃棄される量

Q_{all}^s : 仙台市における廃家電を含む全粗大ゴミ重量

E_i : 統計区 i の世帯数

E_{all} : 仙台市の全世帯数

X_{si} : 統計区 i 内の収集区域数

S : 一収集区域における粗大ゴミ年間回収日数

k_{ui}^1 : 回収日における統計区 i の一収集区域からの必要運搬回数

運搬過程 II

小売店

$$J_{ki}^{\Pi} = \frac{Q_{all}^r \times E_i}{E_{all}}$$

$$k_{ki}^{\Pi} = \frac{J_{ki}^{\Pi}}{T_v} \quad (2)$$

Q_{all}^r : 小売店において年間に回収される廃家電重量

量販店

$$J_{ri}^{\Pi} = \frac{X_r \times Q_{all}^k}{X_{all}}$$

$$k_{ri}^{\Pi} = \frac{J_{ri}^{\Pi}}{T_v} \quad (3)$$

X_{all} : 量販店の全店舗数

Q_{all}^k : 量販店において年間に回収される廃家電重量

X_{ri} : 統計区 i 内の量販店数

運搬過程 III, IV, V, VI

$$k^x = \frac{V^x}{T_v} \quad (4)$$

V^x : 運搬過程 x で運搬される廃棄物の重量

(d) 運搬距離と所要時間の決定

統計区内の各店舗または、集積区域からの運搬は交通調査における仙台市の中ゾーン(258 ゾーン)において統計区に対応するゾーン間の最短所要時間で行われると仮定した。最短所要時間 U については、仙台市におけるパーソントリップ調査のネットワークデータに H4 年の交通需要を Q-V 容量制約付き分割配分法で配分して求めた。また、運搬距離 D については、配分計算の結果得られた最短経路とした。ここで、自治体による回収において、収集区域内の集積所を巡回して回収する時間が平均 2 時間と算定されており、これを基に世帯比から統計区ごとの回収作業時間を求め所要時間に加えた。また販売店においては積み込み時間を 30 分と仮定し、所要時間に加えた。式 (1), (2), (3), (4) より求められた年間必要運搬回数 k_i^x , k^x により年間作業時間 T_i と年間走行距離 L_i を次のように定義する。

$$T_i = \sum_{i=1}^{86} k_i^x \times U \quad (5)$$

$$L_i = \sum_{i=1}^{86} k_i^x \times D \quad (6)$$

U : ゾーン間の最短所用時間

D : ゾーン間の最短距離

ここで、時給をトラック運送事業における全国職種別平均賃金⁵⁾より業種(一般)、職種(大型運転手)の1ヶ月平均月収(賃金+賞与)を用いて、労働基準法の法定労働時間より週労働時間 40 時間としたときの給与(2,480 円)として定める。これと式(5), (6)より人件費 C_h^x , 車両使用費 C_m^x , 燃料費 C_f^x は以下の式によって定義する。

$$C_h^x = G^x \times T_i \times P_h \quad (7)$$

$$C_m^x = \frac{L_i \times P_v}{L_{va}} \quad (8)$$

$$C_f^x = \frac{L_i \times F_v}{Y_v} \quad (9)$$

C_h^x : 運搬過程 x に要する人件費

P_h : 時給

G^x : 運搬過程 x における車両乗員数

C_m^x : 運搬過程 x に要する車両使用費

P_v : 車両 v の車両価格

L_{va} : 車両 v の走行可能距離

F_v : 車両 v の使用する燃料 1 リットル当たりの単価

Y_v : 車両 v の燃費

式(7), (8), (9)より物流コスト C_p^x は次式で表せる。

$$C_p^x = \frac{(C_f^x + C_h^x + C_m^x)}{V^x} \quad (10)$$

4. 物流コスト推計結果の比較評価

(1) 結果と考察

式(10)より廃家電 1 t を処理するために必要な全ての運搬過程に要する費用を排出先別に算出した。結果を図-4に示す。

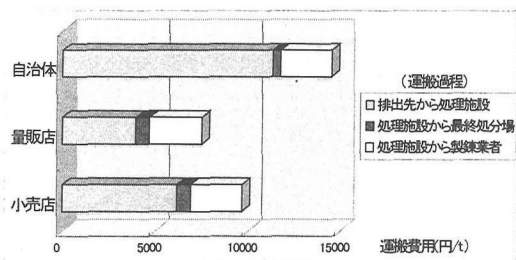


図-4 廃家電1tを処理する時の排出先別運搬費用

これより総運搬費用は廃家電をどの排出先に出すかにより変化することが分かる。ここで排出先から処理施設までの運搬費用において各排出先に差異が見られる。自治体における運搬費用が最も高いのは、図-5に示すように収集区域内に存在する集積所を巡回して回収を行う必要があり、そのための費用が全体の約6割を占めるためである。

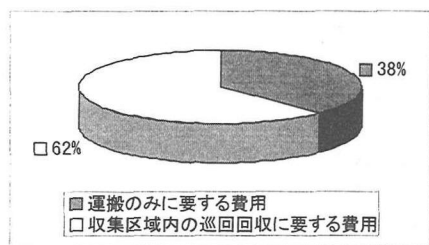


図-5 総費用に対して巡回回収による費用の占める割合

量販店と小売店における物流コストの差異は量販店が市内の中核にのみ存在するのに対して、小売店は市内の統計区全てに分散して存在していること、小売店における廃家電回収量が少ないためトラックの積載量に満たない運搬が行われることが要因となっている。仙台市が公開している中間処理過程までの一般廃棄物1t当りの収集運搬費用は約14,000円⁶⁾であり本研究の推計値とおよそ2,000円の差異がある。この要因として推計においては回収業者の利益を含めない運搬に直接要する費用のみを算出したことが考えられる。その他の要因としては自治体の回収において収集区域の面積や道路事情が巡回回収時間に影響するのを考慮しなかったこと等が考えられる。

(2) 家電リサイクル法の制定によって予測される物流システム変化についての分析

廃家電がメーカー引取りとなり、引取り指定場所

が設定されることが考えられるが、それが既存のシュレッダー業者に決定されたと仮定する。各排出先における廃棄台数が現在と変わらないと仮定し、現状と同じ方法で運搬を行うと廃家電1tをシュレッダー業者に運搬するのに必要な運搬費用は図-5に示すようになる。

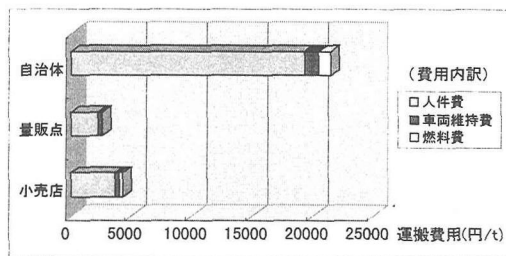


図-6 物流システム変化時における排出先別運搬費用

上図より現在においても廃家電の運搬を行っている販売店の費用が変化しないのに対して廃家電のみをシュレッダー業者に運搬することになる自治体の運搬費用が大きく上昇していることがわかる。これは自治体に排出される廃家電の量が少ないのに対して各収集区域ごとに回収・運搬を行うことによる非効率を示している。この仮定においては、排出先を販売店に限定したほうが運搬費用を削減できるといえる。

5. おわりに

本研究では仙台市における廃家電四品目の物流システムをヒアリング調査により把握し、その物流コストの推計方法を提案できた。これより現状及び家電リサイクル法により予測される物流システムの変化について物流コストを算出し、排出先による収集運搬効率の比較評価を行うことができた。今後は、自治体の回収作業に影響する要因を見直し推計精度の向上をはかり、対象地域を拡張した推計方法を考案する予定である。また処理施設・処分場の配置によるコストインパクトを検討したい。

《参考文献》

- 1) 田中勝：廃棄物リサイクルと収集運搬システムに関する研究，1996
- 2) 野村総合研究所：リサイクル・マイン・パーク構想検討のための基礎調査，1995
- 3) 宮城県：リサイクルに関する県民意識調査，1997
- 4) (株)宮城三菱ふそう自動車販売：車両価格と燃費，1999
- 5) 全日本トラック協会：トラック運送事業の賃金実態，1999
- 6) 仙台市環境局：事業概要，1998