

資源ごみ回収システムに関する基礎的研究

BASIC STUDY ON THE COLLECTION SYSTEM FOR REFUSE RECYCLING

城田久岳*, 浮田正夫**, 中西 弘***, 櫻井強志****

Hisatake SHIROTA*, Masao UKITA**, Hiroshi NAKANISHI***, Tuyoshi, SAKURAI****

ABSTRACT ; In this paper, we studied the present situation of refuse recycling in Ube City and analyze the collection cost by scenario-analyses. Resource recovery has been done mainly by the volunteer works of children circles and so forth. However, the activity has been suppressed by the low price of resources nowadays. Almost 1/3 of community circles has not been involved in the volunteer works for refuse recycling. In new residential areas with many children, the frequency of the volunteer works and the recovery rate of resources tend to be high. As the result of scenario-analyses, the collection cost of refuse recycling by the municipality amounts to be 4 times of the cost for recycling by volunteer works. In case of newspaper refuse, the collection by municipality was estimated to be feasible only if the recovery rate was higher than 70%, otherwise it is more advantageous for the municipality to collect and incinerate the newspaper refuse together with garbage.

KEYWORDS ; Collection System, Refuse Recycling, Collection Cost, Volunteer Works of Children Circles

1 はじめに

平成3年の資源化促進法制定や廃棄物処理法改正などを契機として、全国的に資源ごみの再資源化への積極的な取り組みがなされ、平成5年6月1日現在では約1,300市町村（全体の約4割）で資源ごみの分別収集が実施されており、集団回収の登録団体数は8万2千件に上っている。しかし、一方では急速な円高の影響により、輸入資源価格が再生資源価格を大きく下回るなど、国内での再資源化を取り巻く状況は厳しいと言わざるを得ない。このような状況にあっては、行政・市民・資源回収業者が個々に機能するのではなく、相互に補完・協力する効率的な資源ごみ回収システムの構築が必要となる。本研究では人口17万人の宇部市（山口県）における資源ごみ回収の現状と問題点を探り、同市を対象として資源ごみ回収システムのシナリオ分析を行い、行政・市民・資源回収業者にどのような対応が必要なのかについて考察を行った。

2 宇部市における資源ごみ回収の現状

2.1 資源ごみ回収の推移

宇部市ではリサイクルプラザの稼働に合わせて、平成7年4月より鉄・アルミ・ビン類の分別収集が始まった。以前のごみ収集は「可燃ごみ」、「不燃ごみ」の2分別でしかなく、紙類・布類を含めて資源化の中心は子供会・自治会・婦人会・老人会・PTA等による集団回収に依っていた。宇部市における集団回収量と市の補助金の推移を図-1に示す。回収量は1985年秋に始まった急速な円高傾向（1ドル240円から120円へ）の影響を受けた86・87年に減少した後も順調に延びていたが、91年から補助金の増額（3円/kgから4円/kgへ）にも関わらずのび悩み、

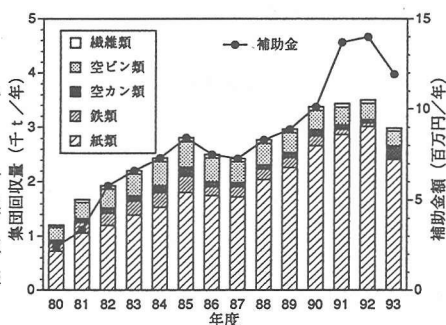


図-1 集団回収量と補助金の推移（宇部市）

*宇部短期大学 Ube College **山口大学工学部 Faculty of Engineering, Yamaguchi University

大阪工業大学 Osaka Institute of Technology *(株)ピー・エス P. S. Corporation.

93年には再び減少に転じた。図-2に市内の回収業者の間屋への販売単価の推移を示す。空カン類以外は80年以降価格の低迷が続いており、集団回収量の8割を占める紙類については84年の10.5円/kgをピークにその後低下が著しく、93年にはピーク時の約1/8にあたる1.3円/kgとなっていることから、再生資源価格の低下が回収量の低迷の大きな原因と考えられる。最近では、新聞とアルミ缶以外の回収は行わないケースも増えている。

2.2 資源ごみの発生原単位

資源ごみの明確な定義はないが、集団回収では一般にアルミ缶、スチール缶、新聞、雑誌、段ボール、一升ビン、ビールビンおよび古布などが対象となっている。宇部市における93年度の集団回収実績はアルミ缶187、スチール缶

38.4、新聞1,766、雑誌365、段ボール265、一升ビン65.9および古布53.4 tであった。家庭から発生するこれらの資源ごみは全てが集団回収へ廻るのではなく、行政が行う一般ごみの収集やビールビンのように販売店へ戻るものもあり、統計値から家庭からの発生量を推定することは困難である。そこで、直接家庭をモニターした既往の研究(表-1)を参考に新聞(チラシを含む)、雑誌、アルミ缶およびスチール缶の1世帯1月あたりの発生原単位をそれぞれ 表-1 資源ごみの家庭発生原単位

それぞれ8.9kg、3.7kg、29.9個(0.54kg)および21.9個(1.38kg)と推定し、以下の検討ではこれらの値を用いた。

新聞 kg/世帯・月	雑誌 kg/世帯・月	アルミ缶** 個/世帯・月	スチール缶*** 個/世帯・月	ガラスビン**** 個/世帯・月	文献
8.9*	2.5	32.3	15.8	20.3	藤永ら(1993) ¹⁾ 、122世帯、1992、宇部市。
6	5.3	19.5	8	14.5	吉川ら(1992) ²⁾ 、19世帯、1990-91、横浜市。
6	4.1	33.8	16	10.3	山口ら(1989) ³⁾ 、254世帯、1986、松戸市。
6	3	33.9	47.7	13.7	小泉(1991) ⁴⁾ 。
6.7	3.7	29.9	21.9	14.7	平均的な発生量

*：チラシも含まれる。 **：18g/個で換算。 ***：63g/個で換算。 ****：218g/個で換算。

2.3 回収量の季節変動

集団回収は市民団体の自主性に委ねられるところが大きく、回収量はそれぞれの活動方針に左右され、季節変動も大きくなると思われる。図-3に集団回収量と実施回数の経月変化を示す。回収量の多い月と少ない月がはっきりと別れ、年度の始めの4・5・6月や夏休み明けの9月で多く、1月は多い月の半分以下であった。実施回数は年末の12月と1月で大きく変動するものの、その他の月は200~300回の間で大きな変化はないので、1回あたりの収集量に多い4月(1.36t/回)と少ない10・11月(0.67t/回)の間に2倍の開きがあることになる。これは、集団回収がまとまった量が貯まれば実施するというものでなく、実施団体が他の行事との兼ね合いを考慮して不定期に実施しているためと推測される。

2.4 集団回収の実施頻度

回収量の多いアルミ缶と新聞について、集団回収の実施頻度と次式による回収率を自治会別に集計し、図-4に示す。

$$\text{回収率(\%)} = \frac{\text{年間回収量}}{\text{発生原単位} \times \text{世帯数} \times 12} \times 100 \quad (1)$$

集団回収を実施していない自治会が全体の約1/3を占めており、実施しているところでは年に3回が最も多い。また、実施頻度が多くなるに従い回収率も高くなる傾向がみられ、回収頻度の多い自治会ほど住民の集団回収に対する協力意識が高いことが推測された。

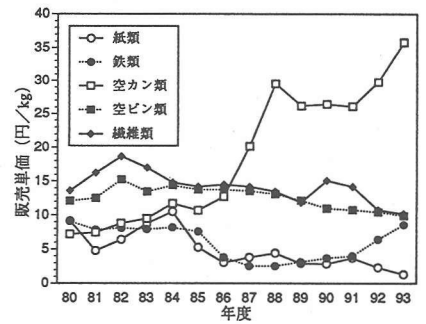


図-2 回収間屋への販売単価の推移(宇部市)

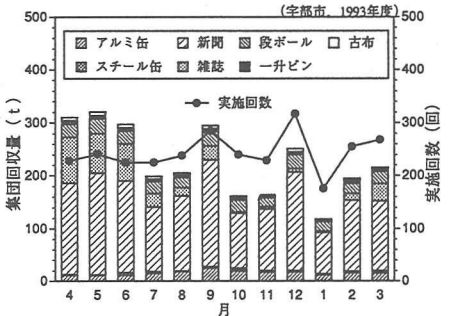


図-3 集団回収量と実施回数の経月変化

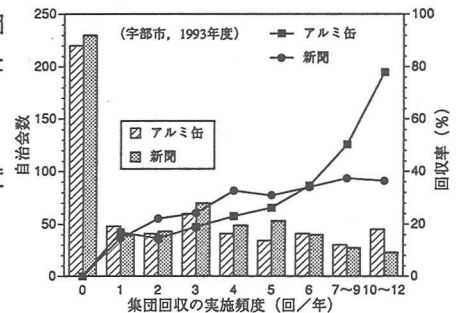


図-4 各自治会の集団回収の実施頻度と回収率

2.5 回収率に対する地理的要因

アパートやマンションなど人口が密集するほど、回収拠点までの距離が近くなり効率的に集団回収が行われるものと思われる。そこで、世帯密度と回収率の関係をアルミ缶と新聞について調べた。しかし、図-5に示すように特に関係はなく、集団回収が活発であるかないかには別の要因があると思われる。

2.6 集団回収の普及率

集団回収の頻度は、その自治会の集団回収に対する実施団体の努力度と考えられる。そこで、年12回行った時を普及率100%として、アルミ缶と新聞について各自治会の集団回収普及率を校区ごとに集計し図-6に示す。なお、集団回収普及率は次式により求めた。

$$\text{集団回収普及率 (\%)} = \frac{\text{校区における実施回数の総合計}}{\text{校区内全自治会数} \times 12} \times 100 \quad (2)$$

小野や二俣瀬、厚東などの中山間地域では、人口が少ないためにまとまった量がたまりにくいという理由で普及率が低く、逆に、恩田、琴芝、新川、神原などの市街地域でも人口が多い割に普及率が低い。一方、普及率が高いところは厚南、西宇部、小羽山、黒石などの新興住宅地域であった。

2.7 子供会活動としての集団回収

新興住宅地域の特徴として、小学校通学児童を持つ世帯が他の地域に比べて多いことがあげられる。このような地域では小学校を中心としたコミュニティ活動が盛んで、集団回収の目的も従来の活動資金の捻出から環境教育の実践の場として位置づけているところも少なくない。そこで、1世帯あたりの子供会員数と普及率の関係（図-7）を見たところ、小羽山のように子供会員数の多い校区では普及率が高く、二俣瀬のように子供会員数の少ない校区では普及率が低くなっているが、同じ子供会員数の校区でも活動には大きな差があることがわかった。さらに、子供会員数と新聞の回収率の関係（図-8）を見たところ、両者に比例関係が認められ、子供会員数が多いところほど集団回収に対する地域の協力意識が高いと考えられた。

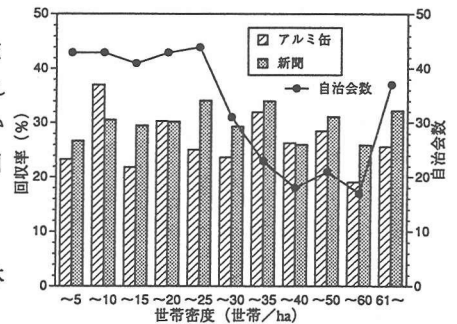


図-5 世帯密度と回収率（宇部市，1993年度）

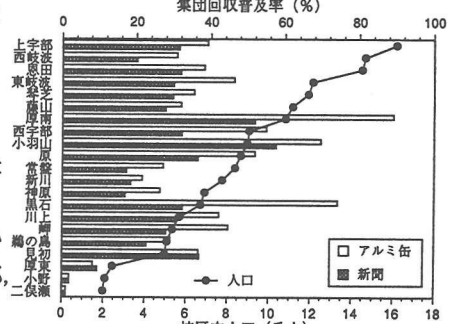


図-6 校区ごとの集団回収普及率（1993年度）

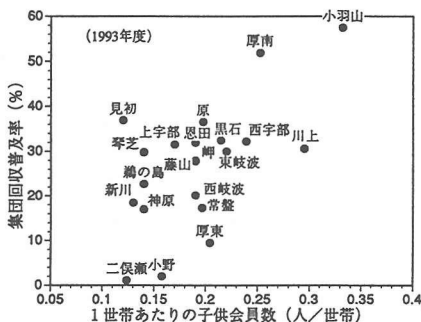


図-7 校区ごとの子供会員数と集団回収普及率

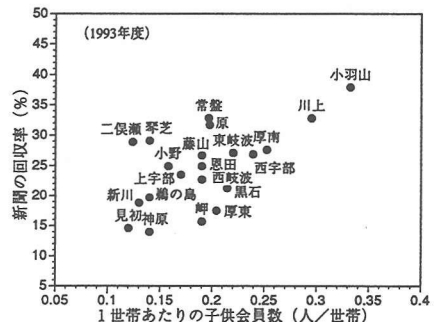


図-8 校区ごとの子供会員数と新聞の回収率

3 資源ごみの回収コスト

3.1 集団回収と分別収集

廃棄物関係の法改正と前後して、資源ごみの分別収集を実施する自治体が増えてきた。分別収集が始まったことで、一般の市民は新たな資源化ルートが提供されたことになり、集団回収ルートを利用するかどうか

は市民一人一人の判断に委ねられる。行政側は積極的に集団回収を利用することを勧めているが、毎月1回あるいはそれ以上の頻度で定期的実施される分別収集に対して、一般に集団回収は年に3回程度しか実施されず、しかも休日を利用する場合がほとんどである。一般市民にとって、分別収集が普段ごみを出す感覚で資源化に協力できるという満足感が得られるのに対して、集団回収には多くの労働が要求される。そこで、集団回収と分別収集を社会全体のコストで比較した場合、客観的にどどちらの方式が望ましいのかを知る目的で、宇部市を対象に回収シナリオを設定し検討した。

3.2 回収シナリオの設定

集団回収方式と巡回収集方式の概要を図-9に示し、回収シナリオの詳細を表-2に示す。集団回収方式は市民のボランティア活動によって行われ、行政は業者・市民に補助金などの助成を行うことを前提とする。集団回収の集積所は1自治会に1ヶ所の割合で自治会中心部に設置し、回収業務は回収業者が行うことを想定した。巡回収集方式は、現在、分別収集で行われているように資源ごみを決まった日に近くのステーションに出し、回収業務は行政の直営で行うことを想定しているが、人件費は民営の場合と同じ値を用いることとした。巡回収集の集積所(以下、ステーション)は45世帯(=400/8.9, 1コンテナに収容可能な新聞の量に基づく)に1ヶ所の割合で設置するものとした。回収品目はアルミ缶・スチール缶・新聞および雑誌とし、各家庭で発生したこれらのものが100%集積所あるいはステーションに集まり、その全てを回収するという条件で回収コストの試算を行った。

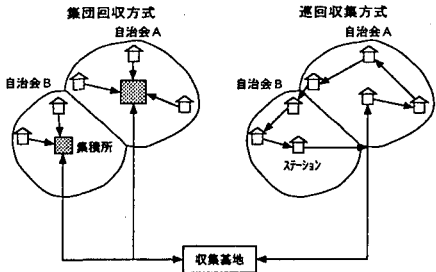


図-9 資源ごみの回収方式

表-2 資源ごみの回収シナリオ

	集団回収方式	巡回収集方式
回収業務の主体	回収業者	行政
市全体	回収協力作業をボランティア活動として行う。	通常のごみ出し程度の作業に止める。
市アルミ缶スチール缶	集積所において缶ベコ機でへこます作業をボランティア活動として行う。	へこまらずにごみ袋(行政が各世帯に支給)に入れて最寄りのステーションまで持っていく。
民新聞	集積所へ持っていくトラックへ積み込む作業をボランティア活動として行う。	最寄りのステーションへ持っていくコンテナに入れる。
民雑誌		最寄りのステーションへ持っていく平積みする。
業者・行政収集回数	各自治会である程度の量が貯まったら業者が依頼を受けて回収する。(それまで各家庭で貯め置き)	毎月1回定期的に回収する。
業者・行政収集場所	各自治会に1つの割合で集積所を設定。	45世帯に1つの割合でステーションを設定。
業者・行政補助金制度	アルミ缶以外について、自治会・業者への補助金制度あり。	補助金制度なし。
業者・行政トラック	ユニックなしの4トン車を使用。	新聞の回収にあたってはユニック付の4トン車(それ以外はユニックなしの2トン車)を使用。
その他	行政が缶ベコ機を各自治会へ与え集積所に備える。	大型のプレス機を収集基地に設置する。

表-3 回収コストの試算方法

① 収集時間	集団回収方式 $T_i = 2 T_{M_i} + T_B + T_C$ T_i: 収集時間 [hr/回] T_{M_i}: 収集基地から自治会中心部までの移動時間 [hr/回] ($= L_i / V_i$) L_i: 収集基地から自治会中心部までの距離 [km] ($= L_{Xi} + L_{Yi}$) L_{Xi}: X (東西) 方向の距離 [km], L_{Yi}: Y (南北) 方向の距離 [km] V_i: 平均移動速度 [km/hr] ($= 6.307 L_i^{0.516}$, $r^2 = 0.9918$) T_B: 積み降ろし時間 [hr/回] ($= 0.5$) T_C: 積み込み時間 [hr/回] ($= 1$)	巡回収集方式 $T_i = (2 T_{M_i} + T_B + T_{\alpha}) N_{Si} / N_{Ri}$ T_i: 収集時間 [hr/回] T_{M_i}: 収集基地からステーション移動時間 [hr/回] ($= 0.3 N_{Ri}$) N_{Ri}: 巡回可能ステーション数 ($T_i \leq 3$) N_{Si}: 各自治会のステーション数 ($= 8.9 N_{Hi} / 400$) N_{Hi}: 世帯数
② 単位回収コスト	$C_i = C_{\alpha} + C_{Ri}$ C_i: 単位回収コスト [千円/回], C_{α}: 設備費 [千円/回] ($= R' T_i$) R': 償却費 [千円/hr] ($= R / 1,320$, $1,320 \text{ hr} = 6 \text{ hr} \times 220 \text{ 日/年}$) R [千円/年] $= P (1 - a) \{ i (1 + i)^n / (1 + i)^n - 1 \}$ P: 購入費 [千円], n: 耐用年数, i: 利率 ($= 6.2\%$), a: 残存価値 ($= 0.1$) C_{Ri}: ランニングコスト [千円/回] ($= \text{燃料費} + \text{人件費} + \text{補修費}$)	巡回収集方式 $C_{Ri} = 2 E_F L_i N_{Si} / N_{Ri} + N_M E_P T_i + E_R T_i$ E_F: 燃料単価 [千円/km] ($= 0.01$), E_P: 人件費 [千円/人・hr] ($= 1.5$) N_M: 作業人員数 [人], E_R: 補修費 [千円/hr] ($= 0.015 P / 1,320$)
③ 年間回収コスト	集団回収方式 $C_{Ti} = N_{Ci} C_i + C_E$ C_{Ti}: 年間回収コスト [千円/年], N_{Ci}: 年間回収回数 [回/年] ($= D_i / M_{max}$) D_i: 年間発生量 [kg/年] ($= 12 N_{Hi} F$), F: 資源ごみ発生原単位 [kg/世帯・月] M_{max}: 積載可能量 [kg/回], C_E: その他の経費	巡回収集方式 $C_{Ti} = 12 C_i + C_E$
④ 全回収コスト (宇部市: 615自治会)	$C_T = \sum_{i=1}^n C_{Ti}$ ($n = 615$)	

3.3 回収コストの試算方法

集団回収方式と巡回収集方式の回収コストの試算方法を表-3に示す。収集基地(環境保全センター)までの往復時間と積み降ろし時間を含めて、ある期間、ある自治会で発生した資源ごみを残らず回収するために要する時間を当該自治会の資源ごみ回収1サイクルに要する収集時間とした。この収集時間に別に試算した作業時間あたりの設備費および維持管理費を乗じて当該自治会の資源ご

み回収1サイクルの単位回収コストを求め、さらに、年間回収回数を乗じて年間回収コストを算出し、これを宇部市615自治会について集計した。設備費および維持管理費の試算条件を表-4に示す。

表-4 設備費および維持管理費の試算条件

	購入費	減価償却費	
4 tトラック (平ボディ)	5,000千円/台	0.81千円/年	補修費：57円/年
4 tトラック (平ボディ、ユニック付)	8,500千円/台	1.38千円/年	補修費：97円/年
2 tトラック (平ボディ)	2,800千円/台	0.46千円/年	補修費：32円/年
新聞用コンテナ (400kg収容)	50千円/個	16.9千円/年	
缶ベコ機	100千円/台	33.8千円/年	
缶プレス機 (処理能力：30,000缶/年・基)	60,000千円/基	5,633千円/年	運転費：4,067千円/年
人件費単価：1,500円/年・人、燃料 (軽油) 費単価：80円/L (10円/km)、ごみ袋：30円/袋			

3.4 回収コストの試算結果

回収作業員数別に、回収コストを試算した結果を図-10に示す。

集団回収方式の回収回数は、アルミ缶が年間発生量421 tに対して672回、スチール缶が1,079 tに対して723回、新聞が5,242 tに対して2,478回、雑誌が2,895 tに対して1,232回である。巡回回収方式の場合は各ステーションを毎月1回巡回するものとして、ステーションの設置数は市内全域で1,747ヶ所にのぼり、これは現在の不燃ごみステーション数 (1,160ヶ所) の1.5倍にあたる。集団回収方式の全回収コスト (回収作業3人) は63.0百万円/年であるが、集団回収の場合は各自治体に1台ずつ缶ベコ機を設置し、缶を潰して業者に引き渡すという条件を設定して

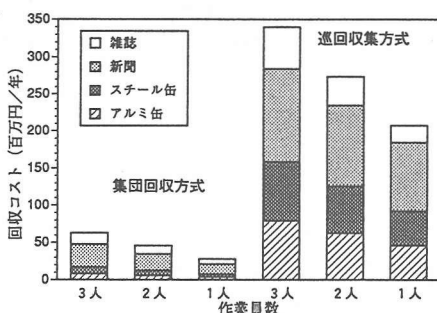


図-10 回収コストの試算結果 (宇部市全域)

いるので、缶ベコ機の購入費 (20,787千円/年) も含めると83.7百万円/年となる。同じく、巡回回収方式の全回収コスト (回収作業3人) は340百万円/年であるが、缶については収集基地においてプレス処理を行う条件を設定しているため、缶プレス機の購入・運転費も含めると349.6百万円/年となる。以上から、集団回収方式と巡回回収方式では回収コストに約4倍の開きがあることがわかった。

3.5 社会全体の費用関係

市民・行政・回収業者の費用関係の概要を図-11に示し、次式より回収業者と行政の純益を求め、損益として図-12に表した。

$$\text{集団回収方式による業者の純益} = \text{売却収益} - \text{回収コスト} - \text{回収代金} + \text{補助金B} \quad (3)$$

$$\text{集団回収方式による行政の純益} = -\text{補助金A} - \text{補助金B} - \text{その他の経費} \quad (4)$$

$$\text{巡回回収方式による行政の純益} = \text{売却収益} - \text{回収コスト} - \text{その他の経費} \quad (5)$$

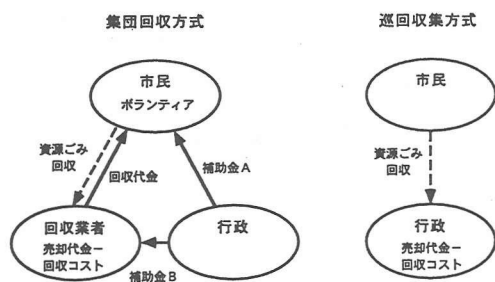


図-11 市民・行政・回収業者の費用関係

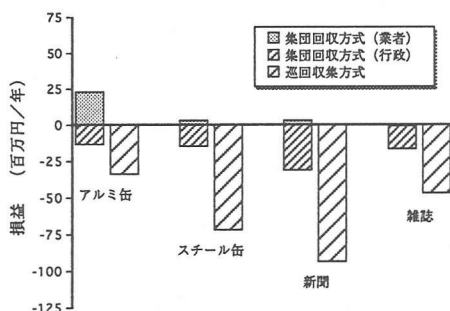


図-12 回収業者と行政の回収損益の比較

補助金は集団回収方式でのみ行政から市民に対して4円/kg、回収業者に対して2円/kgが支払われるが、アルミ缶については回収業者への補助金はないものとした。売却収益は、1kgあたりの売却単価をアルミ缶120円、スチール缶10.3円、新聞6円、雑誌3円に設定し、回収問屋から得るものとした。回収業者と行政を合わせた損益としては、集団回収方式のアルミ缶の場合に限って収入が上回り、他は全て支出が大きく上回っている。集団回収方式と巡回回収方式の損益の差を回収資源ごみ1kgに換算すると、アルミ缶が104円、ス

チール缶が55.8円、新聞が12.7円、雑誌が10.3円となり、集団回収の補助金を現在の2倍に設定しても集団回収方式が巡回収集方式より損益で勝るという結果となった。

3.6 回収率の違いによる行政の費用負担

以上のシナリオでは100%の回収を条件としてコスト試算を行っているので、資源ごみが一般ごみの処理ルートに混入し、収集、焼却および埋め立てされる時の処理費用は考慮していない。しかし、現在の集団回収率が低いことを考えると、実際問題として市民の協力が得にくいことも想定しなければならない。そこで、新聞について回収率の違いによる処理コストを考慮して、行政の費用負担額の推定を行った。新聞が紙ごみとして収集運搬、焼却処理、埋立処分という過程を経る場合の処理費用は、宇部市の清掃事業概要（平成2年度版）をもとに計算すると以下ようになる。

$$\text{収集コスト} + \text{焼却コスト} + \text{埋立コスト} = 22,418 + 8,054 + 30 = 30,502 \text{ (円/t)}$$

(6)

以上から新聞の処理単価を30.5円/kgとして、先の試算結果をもとに回収率の違いによる新聞1kgあたりの行政負担費用を推定し図-13に示す。回収が行われない場合の費用は処理費用の30.5円/kgであるが、集団回収方式では回収率が増えるに従い減少し、100%回収時では6円/kgとなる。一方、巡回収集方式では回収効果がでるのは70%以上で、それ以下では紙ごみとして処理する方が行政の費用負担が少なくてすむ結果となった。

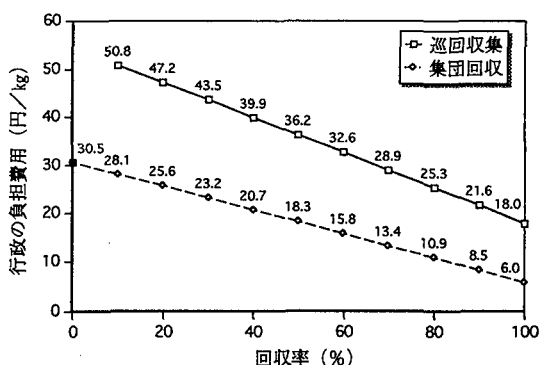


図-13 回収率による行政負担費用の比較（新聞）

4 まとめ

本研究では、宇部市を対象に資源ごみ回収の現状を分析し、シナリオ分析によって効率的な資源化システムの構築を目的とした基礎的な検討を行った。本市では主に集団回収によって資源ごみが回収されているが、円高の煽りを受けて最近では伸び悩んでおり、集団回収を実施していない自治会が全体の1/3を占めていた。実施している自治会では年に3回の頻度で行うところが最も多く、頻度が多くなるに従い回収率も高くなる傾向が見られた。回収率と世帯密集度の相関はなく、集団回収の盛んな地域は小学校通学児童の多い新興住宅地域であった。このような地域では住民も集団回収に協力的で、回収率が高い傾向にあった。本来、団体の活動資金捻出が目的の集団回収であるが、最近では、地球環境問題と絡んでボランティアの色彩が強くなっており、団体世話役の熱意や地域住民の理解によるところが大きいのと思われる。そこで、行政は集団回収に今後どのように対処すればよいのか、多くの自治体で行われつつある分別収集のような巡回収集方式と回収コストで比較した。100%回収を仮定した試算では、巡回収集方式の回収コストは集団回収の4倍にもなり、行政と回収業者を合わせた損益は、集団回収に対する補助金を現行の2倍にしても、集団回収方式が勝る結果となった。新聞について回収率の違いによる行政の負担費用を比較したところ、巡回収集方式では回収率が70%以下だと、一般ごみに混ぜて処理・処分する方が行政の費用負担が少なくてすむ結果となった。

参考文献

- 1) 藤永靖彦・藤井美知子・高本明美・岸野拓男・城田久岳・中村宗一郎・城野世津子：家庭ゴミの発生量とその変動要因，宇部短期大学学術報告，No.30，pp.15～19，1993。
- 2) 吉川和男・高山定夫・山内 泉・森本敏昭：真空集じん車を用いたごみ収集における家庭ごみの排出実態について，都市清掃，Vol.45，No.188，pp.240～248，1992。
- 3) 山口秀明・朝生修司・橋本信夫・中島道博・戸村信夫：松戸市内から発生するごみの総排出量と物流について，都市清掃，Vol.42，No.170，pp.231～244，1989。
- 4) 小泉農一：リサイクル文化事業の時代，廃棄物学会誌，Vol.2，No.2，pp.108～115，1991。