

(43) 都市ごみの収集計画支援システムの開発とその応用

STUDY ON A COMPUTER AIDED PLANNING SYSTEM FOR URBAN REFUSE COLLECTION
AND ITS APPLICATIONS

山中 英生*, 青山 吉隆**, 三谷 哲雄***

Hideo YAMANAKA, Yoshitaka AOYAMA, Tetsuo MITANI

ABSTRACT; This study aims to develop a computer aided planning system for refuse collection. This system consists of data base system of detailed streets network, estimation models of refuse quantity and collecting hours, and programming model for optimal vehicle schedule planning. As applications of this system, this paper shows the examples of appropriate vehicle schedule plan from the view point of equalization of labor load on every vehicle, and estimates effects on reduction of collecting time by introducing large type dust carts, separate collection and treatment of noncombustible refuse.

KEYWORDS; Collection of Refuse, Vehicle Schedule Programming, Computer Aided System

1 はじめに

都市ごみは、都市化と消費傾向変化のため、人口増加のない地方都市でも処理量が年々増加しており、都市行政上の課題となっている例が多く見られる。特に、一般に処理費用の半分以上を占めると言われる収集の効率化は重要な課題である。しかも、都市の物質循環を担う過程として、分別収集や資源再利用の促進が焦眉の課題であるが、これにも収集回数の増加が必要であり、効率的な収集計画の策定方法が望まれている。

ごみ収集計画に関する従来の研究としては、収集作業の要因分析¹⁾や作業時間予測手法²⁾の研究、車両の走行経路を最適化するルーティング問題の解法³⁾⁴⁾、処理施設数と位置を決定するロケーション問題の解法⁵⁾⁶⁾、中継施設の導入による収集効率化計画⁷⁾などへの取り組みが見られる。

ごみ収集計画は、日常の収集業務の効率化を既定の施設・車両の範囲で検討する短期的対策から、配車や収集曜日等の収集体制を検討する中・短期的対策、さらに処理場の最適配置などの長期的対策まで様々なレベルでの検討が必要である。ルーティング

問題や走行収集の改善等は、短期的改善に役立ち、ロケーション問題等は施設整備による長期的改善を目的としている。一方、市街地変化や排出量変動、それに伴う収集作業量の変化などに応じて、収集車両数や収集曜日などの見直しが必要になる。しかし、中小の自治体では、情報収集の不足、収集計画業務の人材や時間の不足、労働慣行上の問題、などが相まって、こうした短・中期的な収集作業の効率化策定は十分に進んでいないのが現状と言える。このためには、できるだけ収集容易なデータをもとに、収集計画全体を支援する簡便なシステムの構成が必要と考えられる。

こうした点を踏まえて本研究は、地方都市を対象として、配車や収集体制による収集効率化計画の策定を支援する簡便な計算機システムの開発を目的としている。具体的には、簡便な都市街路網データベースを開発するとともに、車両配置や収集体制を計画するための手法を開発し、パソコンベースの支援システムを構成する。さらに、徳島市を対象に、収集効率化シナリオの効果把握に適用し、支援システムの有用性を検討する。

* 徳島大学工業短期大学部 Univ. of Tokushima, ** 徳島大学工学部 Univ. of Tokushima,

*** 徳島大学大学院 Univ. of Tokushima

2 収集計画支援システムの概要

2.1 都市街路網データベースの開発

収集計画支援システムは、都市街路網データベースを基本として、ごみ排出量の推計、収集ゾーン作成、車両別収集ゾーン設定の支援モデルを開発することで、車両・曜日・収集回数などの収集効率化計画の支援を行おうとするものである。

都市街路網データベースは、収集対象地域の街路網とその属性（幅員、交通規制）、戸建て・集合住宅・居住兼用商店等の廃棄物排出施設の位置と住戸数、町丁目の境界と人口からなる。地理情報としては道路網については道路中心線、各施設はその中心位置のみに簡略化している。図1に地図情報の表現方法を示す。なおこの他に、地図位置の確認のため主な目標物（小学校・大規模施設）の位置と名称が入力し、適宜出力に付加する。

本研究では、人口約26万人、面積188km²の徳島市を対象として街路網データベースを開発した。基礎地図には、市販の住宅地図（市街2250分の1、郊外4500分の1）を用いた。住宅地図で、かつ図面の張り合わせをしたため、座標の地理的精度は保障できないが、2点間の距離については、現地で1m～数m程度の精度確保は可能であると考えられる。

表1は市全域のデータ量を示す。地図情報を線と点の単純なデータ構造で表現し、属性情報を簡略化したため、記憶容量で1.3MB程度であり、小型コンピュータで十分に扱える情報量となっている。

2.2 データベース管理ソフトの開発

本システムでは、データの管理、ネットワーク計算の容易さを考慮して、線点形式・ネットワーク形式の2つのデータ表現形式を用いることにし、図2のようにデータ処理のソフトウェアを体系づけた。

ネットワーク形式データは、街路区間をリンク、交差点をノードとして、連結関係を表現する形式で、最短経路の探索や所要時間の計算などのネットワーク計算に必要なデータ構造である。応用ソフトウェアは主にこの形式のデータを用いている。しかしながら、リンクの追加・削除等には他リンクの分割や統合、ノードの発生などの計算が生じるため、処理が複雑になり、対話処理では計算機の性能上、応答性悪化などの問題が生じる。一方、線点形式データは、街路を独立した線分要素として、関連性を持た

ない形式で、ネットワーク計算は行えず、近傍計算や直線距離計算等の幾何的計算しか行なうことができないが、地図データの編集・加工は、線分の追加・削除を他要素に独立して行えるため、対話処理も容易に行なうことができる。

本研究では、線点形式のデータにおける座標値の近接性を用いて連結を判断する方法によって、ネットワーク形式とのデータ形式を自動変換して、両者

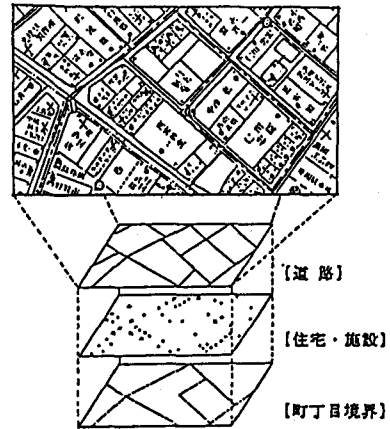


図1 街路網データベースの構成

表1 街路網データベースのデータ量（徳島市）

データ項目	要素数	記憶容量(KB)
街路	14,052リンク (966.4km)	281
住宅・施設	58,659ポイント	821
町丁目境界	11,054リンク	221
目標物	1,650件	85

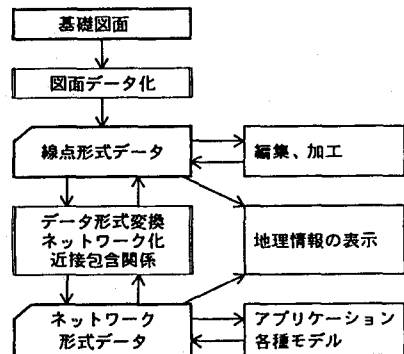


図2 収集計画支援システムのソフトウェア体系

の使い分けを可能にしている。

その他、基礎図面のデジタイズ入力支援、入力・編集・加工の支援および表示ソフトウェアを開発し、マンマシンインターフェスを向上させている。

2.3 収集配車計画の支援方法

図3はシステムによる収集計画の支援プロセスを示している。

(A) リンク別沿道人口

街路リンクの座標と、沿道の廃棄物排出施設（住宅・小規模商店等）の位置座標、住戸数を用いて、リンク別沿道住戸数を推計する。一方、町丁目別境界と住戸位置座標から町丁目別住戸数を求め、町丁目人口を基に住戸当り人口を推計し、これからリンク別沿道人口を推計する。

(B) リンク別ごみ排出量

リンク沿道人口からごみ排出量推計モデルを用いてリンク別ごみ排出量を推計する。

(C) 収集ゾーンの作成

リンク別ごみ排出量の情報をもとに収集車1台が1回で収集可能なゾーン^{〔1〕}（以後、収集ゾーンと呼ぶ）の作成を行う。これは最適化手法等を用いず、現状の収集ゾーンを入力し、その修正を人間が行い、計算機はその作業を対話形式で支援する方法をとった。具体的には図4に示すように、街路網とリンク別ごみ量の表示画面の上で、

収集ゾーン毎に、リンクの編入・削除を指示する。計算機は収集ゾーンのごみ量のチェックや、大型収集車の走行可能性のチェックをして表示することで作成を支援している。

(D) 配車計画の作成

以上の収集ゾーンについて、清掃工場からアクセス時間^{〔2〕}および収集時間を予測して、作業時間を推計する。そして、工場別の収集車両数工場別の収集地域、および地域別収集日などの収集体制を入力することで、配車計画モデルにより、車両別の収集ゾーンが設計される。このモデルでは、与えられた

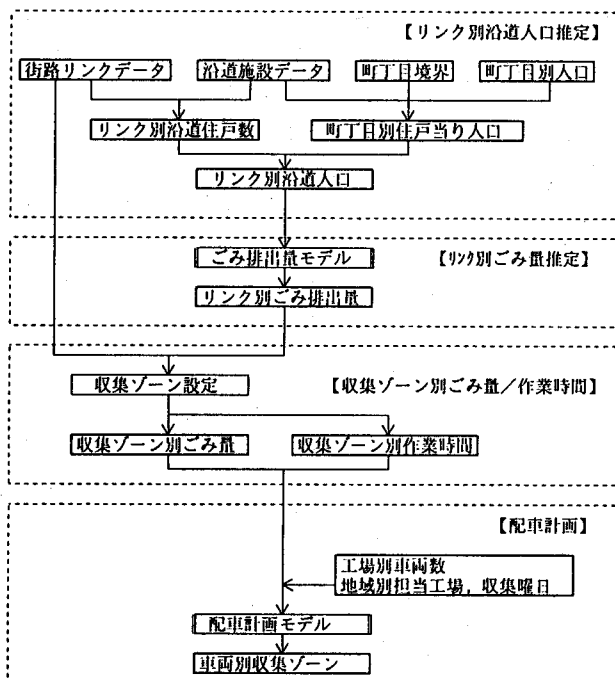


図3 システムによる収集配車計画の支援プロセス

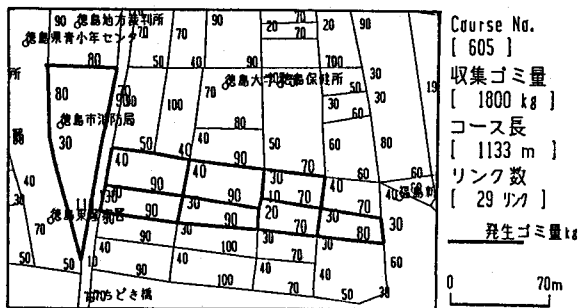


図4 収集ゾーン作成支援の画面例

収集体制（車両数、工場別収集曜日別収集地域）の下で、車両別作業量を均等化する配車計画が自動設計できるようになっている。

3 計画支援のための基礎モデルの開発

3.1 街路区間別排出量推計モデル

ごみ収集計画では、市内収集ゾーン別の排出ごみ量の予測が必要となる。しかも、収集ゾーンの作成には街区や街路リンク単位の細かさが必要になる。

ごみ排出量は沿道の常住人口に加えて、世帯構成

や所得階層、住宅での自家処理状況、さらには、一般ごみに混入する事業所ごみに関わる要因、例えば小規模事業所の立地数などが影響すると考えられる。将来予測ではこうした要因に加えて、リサイクルや省資源活動、消費形態変化等も関連する。しかしここでは、短期的収集計画を対象とすることから、以下のような簡便な推計モデルを採用することにした。

モデル推定は、徳島市を対象として収集回数および各回の収集重量が記載されている車両別収集日報（昭和63年度）を用いた。徳島市では、21の行政地域の可燃ごみの収集を3つの曜日パターン（月木収集、火金収集、および水のみ収集）にわけて、38台の収集車が、1日に数個の収集ゾーンから収集している。各車の収集ゾーンは作業時間の均等化のため、それぞれ3～5の行政地域に渡っている。上記データから各車両の曜日パターン別の年平均収集量が把握できる。また、各車両の収集ゾーンの常住人口を住宅地図と町丁目別人口から推定し、これを合計したものを説明変数とする。データのサンプル数は114（38台×3曜日パターン＝114）である。

分析では市域における世帯構成（世帯人数）や自家処理の可能性（世帯密度）の影響を分析した結果から、特に世帯人数に着目して^{〔3〕}、図5のように市域を郊外部、周辺部、市街地部の3地域に区分して、それぞれ原単位が異なると仮定した。

収集量を地域区分別人口で説明する重回帰分析を適用したところ、表2のモデルが得られた。決定係数は0.8程度であるが、各変数のt値は高く、有意な結果となっている。ただし再現精度（パーセントRMS誤差）は必ずしも高くない。これは、収集実績が人為的に均等化されたデータとなっている（車両間の作業時間調整など）のも理由と考えられる。

3.2 作業時間推計モデル

収集計画の策定では作業時間についての分析とそのモデルが重要となる。作業時間の基礎データとしては収集車のタコメーター記録の利用や、追跡調査、ヒアリング調査などが考えられるが、ここでは、データの入手しやすさや継続的なデータ収集の可能性を考慮して、上記の日報および清掃工場での積載量検量時の時刻記録を用いることにした。

具体的には、一年約250日分の収集日の中から、月別にみて平均的な排出量を示している2、6、1



- ①中心市街地：世帯あたり人口2.7人未満
- ②周辺市街地：世帯あたり人口3.0人未満
- ③郊外市街地：世帯あたり人口3.0人以上

図5 世帯人数を考慮した徳島市の地域区分

表2 可燃ごみ排出量の推計モデル

$G_i = 0.5913 P_{c,i} + 0.4678 P_{p,i} + 0.3678 P_{e,i}$			
(18.8)	(23.4)	(9.6)	
$R^2 = 0.7907$ サンプル数：114 ()はt値 $\Delta^* \rightarrow \text{RMS} = 45.1\%$			
G_i : 収集車担当範囲iの一日ごみ排出量 (kg/日) $P_{c,i}$: 担当範囲iの中の中心市街地部の人口 (人) $P_{p,i}$: 担当範囲iの中の周辺市街地部の人口 (人) $P_{e,i}$: 担当範囲iの中の郊外部の人口 (人)			

0月で、しかも月木火金の収集日を選び、データ欠損のあった日を除いた43日間、延べ1634台分のサンプルを抽出した。それぞれについて作業開始時刻と各出動の終了時刻、出動回数、収集ごみ量^{〔4〕}のデータを収集した。これから各車両別・曜日別(216ケース)の平均作業時間を求めた^{〔5〕}。さらに、各ケースの収集ゾーンの排出量(上記モデルによる)、収集対象道路延長、清掃工場からのアクセス時間を推計し、ステーション収集・戸別収集の区別を確認した。なお徳島市では、市街地地域でのステーション収集実施が進んでおらず、ごみ量にして約30%を占める郊外部で実施されているにすぎない。このためまず市街地部の戸別収集のデータ(180ケース)を分析した。

当然のことながら、作業時間を最も左右するのは出動回数である。ただし、データではアクセス時間と収集時間の内訳は不明で、しかも各車両が複数の収集ゾーンを担当して巡回経路も不明なためアクセス時間の推定が難しい。しかも、各ゾーンは1車両

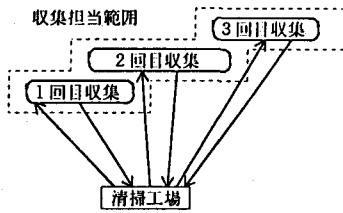


図7 ごみ収集における収集車の動き

間を通じて定期的に繰り返えられることから、経験に任せても効率面でさほど問題はない。

また、中・短期的計画の段階でごみ排出量を確定的に推定する場合、収集車1台の積載量分の収集範囲に全地域を分割が可能となる。この場合、収集地域をどのように車両に配分しても、各収集範囲内での走行効率化（これは上記のルーティング問題である）を固定すれば、総作業時間（車両のアクセス時間と収集時間）は、ほぼ一定となってしまう。つまり、ここでの計画のように、車両とごみ量と清掃工場を確定的な値として配車計画を行う時には、総走行時間最小化の観点は重要性が低いことになる^[6]。

(B) 収集配車計画の定式化

清掃企画担当者のヒアリングから、収集体制の計画支援においてはむしろ、作業時間制限内での作業配分均等化が、収集作業用資源（人員・車両）の有効活用、さらには労務上の問題から要請されることが明らかになった。そこで、本システムでは車両別の作業配分計画の支援を中心に検討することにした。

すなわち、配車計画の目的を、ゾーン別排出量とその収集作業時間を既知として、各収集車別の作業量の分散の最小化とする。作業量としては、労働負荷を考慮して総作業時間、および収集ごみ量（収集員の労働負荷に関連する）を考慮した一般化作業量を用いることにした^[7]。したがって収集配車計画は以下のような整数計画問題として定式化される。

目的関数：作業量の分散最小化

$$\sum_{j=1}^m \left(\sum_{i \in C_j} L_i \cdot X_{ij} - L \right)^2 \rightarrow \text{minimize}$$

ゾーン別作業量 L_i

$$L_i = Wg \cdot G_i / G + T_i / T$$

車両別作業量の平均値 L

$$L = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \sum_{i \in C_j} L_i \cdot X_{ij}$$

制約条件

1) ゾーン収集担当は1台

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} = 1$$

2) 車両は1ゾーン以上を収集

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} \geq 1$$

3) 1台あたり作業時間の制約

$$\sum_{i=1}^n T_i \cdot X_{ij} \leq T_u$$

4) 1台あたり総収集量の制約

$$\sum_{i=1}^n G_i \cdot X_{ij} \leq G_u$$

ここで、

L_i : ゾーン i の収集に要する一般化作業量

L : 収集車作業量の平均値

X_{ij} : ゾーン i が車両 j の担当の時1, 以外0

T_i : ゾーン i のごみ収集に要する時間

G_i : ゾーン i から排出されるごみ量

T : 車両の一日総作業時間の平均値

G : 車両の一日収集ごみ量の平均値

Wg : 作業量における収集ごみ量の割合

T_u : 車両の一日作業時間上限

G_u : 車両の一日収集ごみ量の上限

m : 車両数

n : ゾーン数

C_j : 車両 j の収集ゾーン集合

(C) 解の探索方法

この0-1 整数計画問題は、問題規模が大きくなると厳密解の探索が困難となるため、解を漸次改善していく手法で近似解を求める必要がある。このため、以下の手順で近似解を求めている。

1) 各ゾーンを作業量の大きい順に並べ、収集担当車両に順に割りあてて。奇数回目は偶数回目の逆順に割りあてて作業量を均等化する。

2) 全車両の担当ゾーンの組み合わせ^[8]について、担当を交換した際の目的関数の変化を求め、減少量が最大となる組み合わせを交換する。

3) 最大の減少量が一定以下（ここでは、減少分の割合が0.1% 以下）となるまで2) を繰り返す。

この方法を徳島市の新清掃工場開設に伴う配車計

画に適用し、各工場19台の車両について2収集パターン（月木および火金曜日収集）ごとに、70から80の収集ゾーンを割り当てる計算を行った。計算は通常20から100回程度の交換で収束し、小型の計算機でも数分で計算可能であった。

(D) 適用例

現場への適用時には、車両毎の地域、および収集量とアクセス時間の割合のアンバランスが問題となり、地域配分（各車の遠距離、近距離ゾーンの担当数）を予め先決して、計算を行う方法に改良した。

表5は、この地域指定の方法を変えた3ケースでの計算結果の一例で、工場別の各車の作業時間と収集ごみ量・作業量の平均・分散を示している。作業員からのヒアリングでは、最もきめ細かに地域別収集担当数を先決したケース3が、車両別の作業均等化の視点からの評価が高かった。

このことは作業時間や収集量以外の収集作業に関わる要因（道路幅員やごみの特性）が地域性を持って存在していることが理由であり、今後はこうした点の考慮も必要になろう。

4 収集効率化計画の評価

4.1 対象地域と計画条件

次に徳島市を対象に収集体制の見直しを想定し、支援システムの機能の一部を利用して効率化計画案の評価を行った。なお、評価においては作業時間を指標とすることとした。

(A) ごみ排出量の予測

ここでは1995年まで対応可能な収集体制を検討するため、将来値を基礎とすることにした⁹⁾。まず、1979年から1989年の市域人口（住民登録人口）および、可燃・不燃・粗大ごみそれぞれの収集実績を時系列モデルで分析し、市域の可燃・不燃・粗大ごみの総排出量（コントロールトータル）を予測した。可燃ごみについては、地域の原単位格差を考慮して、三次産業事業所密度、および世帯密度、世帯当り人口を考慮して求め、不燃・粗大ごみについては、原単位一定として、行政地域別排出量を推計した⁹⁾。

(B) 収集作業時間の推計

地域別排出ごみの収集に要する作業時間は、上記の作業時間推計モデルを基本として、21の地域別に

表5 配車計画ケースの収集量・作業時間予測

指標	工場 曜日	配車計画後指標 ()標準偏差		
		ケース 1	ケース 2	ケース 3
収 論	第1	7.19 (0.60)	7.19 (0.76)	7.19 (0.77)
	第2	6.72 (0.46)	6.72 (0.71)	6.72 (0.75)
集 田	第1	6.83 (0.83)	6.83 (0.70)	6.83 (0.82)
	第2	6.66 (0.56)	6.65 (0.62)	6.67 (0.75)
作 府	第1	326.2 (25.8)	326.3 (13.3)	326.3 (11.4)
	第2	288.9 (12.5)	289.1 (27.3)	288.9 (23.9)
業 国	第1	276.9 (28.7)	276.8 (19.2)	276.7 (10.6)
	第2	290.3 (24.4)	290.3 (18.7)	290.3 (12.2)

ケース1：収集量のウェイト=1 地域指定なし
 ケース2：遠距離地域、近距離地域2区分で指定
 ケース3：遠距離・中距離・近距離3区分で地域指定

表6 地域別収集作業時間の推計モデル

$$CT_{ij} = (ACT_{ij} + CLT_{ij}) \\ = (K + k) \cdot (T_{ij} \cdot 2 + dw) \\ + \alpha \cdot g_i \cdot (1 - S_i) + \beta \cdot g_i \cdot S_i$$

CT_{ij} ：地区iを工場jが担当した場合の総作業時間（分）

ACT_{ij} ：同総アクセス時間（分）

CLT_{ij} ：同総収集時間（分）

T_{ij} ：地区iと工場jの平均70km時間（分）

dw ：荷おろし時間（5分）

K ：大型車の収集回数（回）

k ：普通車の収集回数（回）

α ：戸別収集の1トあたり収集時間（18.8分）

β ：ステーション方式の1トあたり収集時間（13.1分）

S_i ：地区iのステーション化率

（ステーション方式のごみ量／全ごみ量）

収集回数Kおよびkの算定方法

$$K = \lceil g_i / CL \cdot (L_i) \rceil$$

$$k = \lceil g_i / CS \cdot (1 - L_i) \rceil$$

<>：<>内を下回らない整数値

L_i ：地区iの大型化率

（大型車収集ごみ量／全収集ごみ量）

g_i ：地区iのごみ量（t）

CL ：大型車1台分の積載容量（3.2t）

CS ：普通車1台分の積載容量（1.6t）

以下の仮定で推計した。

① 可燃物では、収集車は清掃工場と収集地域を往復する。不燃物については、有価物選別をしている中間処理工場と収集地域間を往復する。

② 1つの収集地域で収集車は1車両の容量、またはそれ以下のごみを収集して工場に戻る。

すなわち、各地域について、排出総量および車両の大型車割合から、必要な収集回数を求め、アクセス時間と満載に要する収集時間、工場での排出時間を合計して、地域別の総作業時間を推計する。このモデル式を表6に示す。

4.2 収集効率化計画代替案の評価

(A) 収集車の大型化

効率化方策の1例として、収集車の大型化について示す。徳島市では1990年時点で、街路状況の制約から、積載容量が公称4トンの大型車で収集しているごみ量は全体の9.4%で、その他は積載容量約2トンの収集車が用いられており、一部には軽貨物車も利用されている。しかしながら、上記の街路網データベースを用いて、大型車が走行できる幅員5m以上の道路沿道の排出ごみ量を求めたところ、総量の54.6%もあることが分かった。

そこで、大型車を担当可能な地域に最大限導入した場合（計17台となる）から、大型車が10台、6台の場合について、作業時間を予測した結果を表7に示す。表から、大型車の台数を増やすほど作業時間は短縮され、各工場に5台ずつ導入する10台のケース2でも現状体制の場合より約9%、一台あたりの作業時間にして30分足らずの効率化が可能となる。

(B) 分別収集とステーション方式の導入

不燃物の中間処理による有価物（ビン、鉄、アルミ）回収は、1987年から行われており、不燃および粗大ごみは第1清掃工場近くの中間処理工場へ一旦搬入されて、処理後、最終処分地へ搬入されている。この有価物の回収量は、平均して全不燃ごみ量の約半分となっている。これを分別収集化できれば中間処理工程の合理化や、回収率の増加が進められる。

表8は、こうした有価物の分別収集化に伴い、現在2週間に1回の不燃ごみ収集を毎週1回収集とした場合の作業時間を推計したものである。

現状の収集体制のままでは、1台当たりの作業時間は5.7時間で、分別化しない場合より0.5時間増となる。しかし、車両の大型化によって4.8時間、さらに現在70%程度で実施されている戸別収集の約半分をステーション方式に変更し、収集地域の工場別曜日別配分を調整すれば4.66時間に収まることが明らかになった。

さらに、有価物の約半数が、市民団体や民間業者によるリサイクルで回収できるとした場合（不燃物の排出量が予測の約75%に削減される）は、現状の体制の場合で1台あたり作業時間が5.3時間で、車両の大型化により4.5時間に、ステーション化を組み合わせれば4.4時間におさまる。

表7 収集車の大型化による作業時間（徳島市1995年）

ケース		最大	ケース	ケース	現 状
指 標	工 場	導 入	2	1	体 制
車 両	普通	論 田	12	14	18
	通 車	国 府	9	14	18
	計	計	21	28	36
大 型	論 田	7	5	3	1
	国 府	10	5	3	1
	計	17	10	6	2
総作業時間 (時間)	論 田	448	453	472	493
	国 府	421	452	473	495
	計	869	905	945	988
1台当たり 平均作業時間(時間)	論 田	4.72	4.77	4.97	5.19
	国 府	4.44	4.76	4.98	5.21
	全 体	4.58	4.77	4.98	5.20
1台当たり 短縮時間(分)	論 田	28	25	13	
	国 府	47	27	14	
	全 体	37	26	14	

表8 不燃分別収集化による作業時間（徳島市1995年）

効率化計画	総作業時間(時)	1台平均時間
・分別収集化 ・不燃収集回数増	1,026	5.70
+収集車大型化 ケース2	862	4.79
+ステーション方式強化、収集曜日修正*	839	4.66
・分別収集+リサイクル50% ・不燃収集回数増	954	5.30
+収集車大型化 ケース2	812	4.51
+ステーション方式強化、収集曜日修正*	797	4.43

*工場別・曜日別ごみ量を均等化するよう収集曜日を調整

5 おわりに

開発した支援システムを用いれば、ケーススタディのように、車両改良、収集回数の増加や分別収集などの収集体制などの検討が容易となることが明らかになった。

ただし、今回支援システム用に開発した排出量推計および作業時間の基礎モデルは、詳細な要因を考慮する上で不十分な点も多い。例えば、排出量推計については、排出メカニズムを反映した地域特性（世帯特性、土地利用特性、活動特性）の考慮が必要であり、また、作業時間推定については、街路特性（幅員）、収集方式、車両種別などが収集時間に与える影響の把握などが必要と考えられる。

さらに、配車計画の策定では、ごみ排出量を固定

して取り扱ったが、実際には排出量の変動によって収集体制を柔軟に変更するといった処理も必要になっており、こうした配車計画の方法についても検討が必要と考えられる。

これらのモデルの精緻化には、詳細データ収集と分析という研究ベースでの改良に留まらず、日常の収集体制における情報収集システムの検討も必要である。例えば、街区等の小ゾーンからの排出量の推計には、収集状況をモニタリングできる車両の導入、住民登録データの活用や市役所内での地理情報システムの導入等も必要と考えられる。また、作業時間の把握や車両運行管理では、タクシー等で用いられている車両管理システムの導入などの工夫も検討の必要があろう。また、異種廃棄物の同時分別収集が可能な収集車の導入など、収集技術進歩を踏まえた収集体制の検討も今後必要になると考えられる。

一方、省資源化運動や収集有料化などを踏まえたごみ排出動向の把握については考慮できておらず、こうした活動の排出抑制効果の把握については、今後研究を重ねる必要がある。

謝辞

本研究は平成4年度文部省科学研究費重点領域人間環境系（課題No. 04202240）の助成を受けたものである。また、データの提供等には徳島市保健衛生部の協力を得、分析作業においては、秋山哲也氏、浜田健一氏の協力を得た。記して謝意を表したい。

補注

- [1] ここでは、積み残しを避けるため、ごみ排出推計量が収集車の公称容量の80%以内で1台1回での収集可能としている。
- [2] アクセス時間は幹線街路網を対象に、市街地部は時速15km/h、郊外部は時速25km/h（時速はヒアリング等で設定）として最短所要時間を推定している。
- [3] 世帯人数に着目した理由は、世帯人数の少ない市街地中心部で1人当たり排出量が高く、逆に世帯人数の低い郊外部では高いという現象をデータ上説明力を有していたことによるが、排出のメカニズムとの関連については検討の余地がある。
- [4] 収集量実績値と収集時間の関係も分析したが、ゾーン別ごみ量の推計値を用いたモデルを用いるこ

とにしたため収集量のデータは利用していない。

- [5] 作業開始時刻と最終作業の終了時刻（計量時刻）を用いてその差を作業時間とした。ただし、終了時刻が2時以降の場合は昼休み40分を差し引いている。
- [6] 現実には、ごみ量は日々変動し、その処理を考慮した配車計画では効率性は重要な視点となる。ここでは補注[1]の収集車容量の設定で変動を吸収できるとして、配車計画では考慮しないことにした。
- [7] 時間と収集量のウェイトについては両者の平均値の逆数を用いたが、これについては今後検討の余地は残っている。
- [8] 全車両ペアについて収集ゾーンを1対1、2対1、2対2で交換する全組み合わせを対象としている。
- [9] 支援システムのケーススタディとしては将来値を用いる必要はなく、現在の実績値をベースにしても以下の効率化計画評価は可能である。

参考文献

- 1) 松藤敏彦, 神山桂一, 田中信寿, 松尾孝之: 都市ごみステーション収集の追跡調査について, 都市清掃, Vol. 38, No. 147(1985. 8), pp. 394~402.
- 2) 松藤敏彦, 神山桂一, 田中信寿: 都市ごみステーション収集のモデル作成に関する研究, 土木学会論文集, No. 377(1987. 1) pp. 61~69.
- 3) 東工大阿部研究室: ごみ収集輸送, 流通設計(1971. 8), pp. 34~40
- 4) 小泉明, 川口士朗, 堤暢彦: ごみ収集車の走行経路の選択に関する研究, 土木学会年次講演会 II, No. 42. (1987. 9), pp. 1010~1011
- 5) 川口士朗: ごみ収集におけるロケーション問題, 都市清掃, Vol. 38(1985. 10), pp. 502~509
- 6) 小泉明, 川口士朗, 堤暢彦: 都市ごみの収集輸送計画に関する研究 - ロケーション問題の解法 -, 都市清掃, Vol. 40 (1987. 6), pp. 250-257
- 7) 青島縮次郎, 北尾, 片田, 草野: 都市ごみ収集輸送システムの効率化と環境改善評価に関する研究, 環境問題シンポジウム講演論文集, No. 15(1987), pp. 1~6.
- 8) 阿保栄司: 物流ソフトウェアの実際(1977), 日刊工業新聞社
- 9) 青山, 山中, 近藤, 廣瀬: 都市内一般廃棄物の動向と収集効率化計画, 科学研究費重点領域人間環境系研究報告集, G078-N37B-01(1993), pp. 129-142.
- 10) 青山吉隆, 山中英生: 都市内一般廃棄物の収集計画のための支援システムの開発, 環境科学シンポジウム1992年会講演要旨集(1992. 12), p. 60.
- 11) 浜田健一, 青山吉隆, 山中英生: 都市内一般廃棄物の収集効率化に関する基礎的考察, 土木学会中四支部研究発表会(1991. 5), pp. 462-463.
- 12) 山中英生, 青山吉隆: ゴミ収集における配車計画に関する基礎的分析, 土木学会年次講演会IV(1990. 10), pp. 74-75.