

広域的ゴミ処理システムにおける収集・運搬計画問題に関するモデル分析

立命館大学理工学部 正会員 春名 攻
立命館大学大学院 学生員 ○立花 潤三

1、はじめに

リサイクルというキーワードのもと廃棄物処理の目的が拡大された現在において、杜撰な廃棄物処理システムの改善、効率的なシステムの構築が叫ばれるようになった。また、廃棄物処理において、より高度な技術と高価格化に伴う費用負担が必要になると考えられ、また、焼却処理時のダイオキシン類の発生問題、フロンガス対策や特別管理廃棄物の適正処理など、1自治体では対応が極めて困難になってきており、また、排出される廃棄物の組成や性状などは各自治体とも類似していることから、共同で廃棄物処理に対応することが有効であり、現在、多くの自治体において、広域的な取り組みが行われている。

本研究では、広域的な廃棄物処理システムにおいて、いまだ未整備で、非効率の所が多いごみ収集・運搬システムについて着目し、効率的な収集・運搬システムの構築を目指したモデルを構築するものとする。

2、廃棄物処理問題の視点に関する考察

本研究では、図-1のように廃棄物処理を捉えた。すなわち、一般廃棄物の処理、リサイクルの流れに着目し、それに関わる各団体（地元自治体、廃棄物処理施設、廃棄物排出源、製品販売企業、リサイクル産業）の関係を明確にした上で、これらに対応する税金、料金、投資、商取引、消費、購入などの金銭の関係に着目し、廃棄物問題を考えることとした。

このような視点で廃棄物処理システムを捉えた

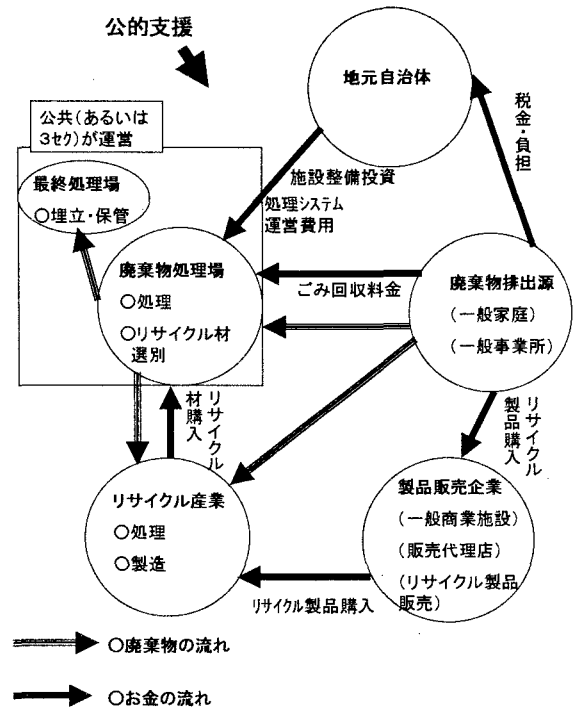


図-1 一般廃棄物処理問題検討の視点

場合、大きく浮かび上がってくる問題として廃棄物処理費用負担割合の問題があり、その問題に対処する際には、廃棄物収集運搬システムそのものの構築が不可欠であると同時に、効果的なシステムの構築が上述の廃棄物処理システムにおける課題（費用負担割合）に対して、より良い条件設定を可能とする。また、それは、全体的な廃棄物処理費用の削減にもつながっており、ここに、廃棄物収集・運搬システムの構築の意義が存在するものと考えた。

3、廃棄物収集システムのモデルの構築

いま、ゴミ収集の構造を図-2のように考えるものとする。すなわち、最終処理場分担地域（リージョン）はいくつかの中間処理・保管場分担地域（エリア）に、中間処理場分担地域はいくつかの収集区（ゾーン）に分割されるものとし、ゴミ収集システムをリージョン、エリア、ゾーンの3つのレベルの3階層構造として捉え、以下にゴミ収集車の台数や収集ルートなどを決定する理論モデルの定式化を行うものとする。

(1) ゾーンレベルでの定式化

まず、エリアをいくつかのゾーンに分割する。

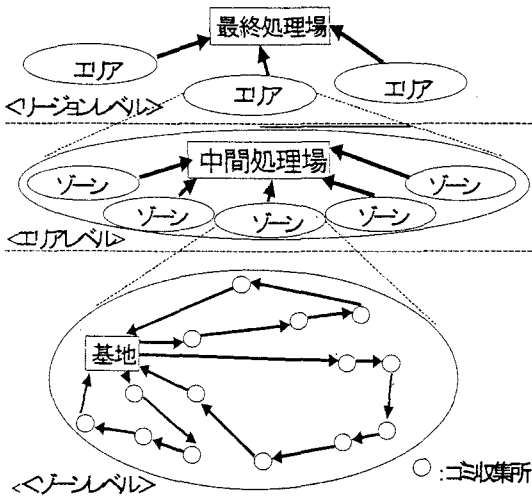


図-2 ゴミ収集システム概略図

その際ゾーン分割は、ヒューリスティックに判断し、そのゾーンでの最小可能台数 (r'_z) を求め、それを基本として何台かについてパラメトリックに検討し、ゾーン内分割と最短ルート選択を行う。収集車基地数は各ゾーンに一つとする。また、ゾーン内のごみ収集所、収集車基地は所与とし、ゾーン内収集は1日一回とし、週に2回回収に回ることとする。

以下にゾーンレベルでの定式化を示す

目的関数	
$\sum_{(i,j) \in S_z} x_{ij} \cdot y_{ij} + \sum_{k_z=1}^r F \cdot k_z \rightarrow \min \quad (1)$	
制約条件	
$\sum_{i \in S_z} x_{ij} = 1 \quad (j \in S_z, S'_z) \quad (2)$	
$\sum_{j \in S_z} x_{ij} = 1 \quad (i \in S_z, S'_z) \quad (3)$	
$\sum_{i \in S_z, S'_z} \sum_{j \in S_z, S'_z} x_{ij} = n_z + r_z \quad (4)$	
$x_{ij} = \{1 \text{ or } 0\} \quad (i, j \in S_z, S'_z) \quad (5)$	
$a_{ij} > 0 \quad (i, j \in S'_z, S_z) \quad (6)$	
$y_{ij} > 0 \quad (i, j \in S'_z, S_z) \quad (7)$	
$y_{ii} = \infty \quad (8)$	
$y_{i,j'} = \infty \quad (9)$	
$\sum_{i \in S_z} b_i \leq w \quad (10)$	
$\sum_{(i,j) \in I_{k_z}} a_{ij} / v_1 \leq h \quad (11)$	
定義	
S_z ; ゾーン (z) 内の収集所の集合 ($S_z = \{i: i=1, 2, \dots, n_z\}$)	
n_z ; ゾーン (z) 内の収集所数	
y_{ij} ; 各収集所、基地間のごみの運搬コスト $y_{ij} = \alpha a_{ij}$	
a_{ij} ; 各収集所、基地間の距離	
α ; ゾーン内収集車の単位距離あたりの運搬コスト	
I_{k_z} ; ゾーン内収集車 k_z の回る収集ルート ($k_z = 1, 2, \dots, r_z$)	
r_z ; ゾーン内を回る収集車台数	
F ; 一回の収集に対する収集車一台の維持費	
S_{k_z} ; 収集車 k_z 担当の収集所の集合	
b_i ; 収集所 i でのゴミの集積量	
w ; ゾーン内走行収集車の可能積載量	
h ; 収集車がゾーン内のごみをすべて収集しきらねばならない制限時間	
v_1 ; ゴミ収集車の平均速度	

図-3 ゾーンレベルでの定式化

(2) エリアレベルの定式化

エリアレベルにおいては、ゾーン内を収集した収集車が各ゾーンの収集車基地から中間処理・保管場へごみを運搬するものとし、そのエリア内にいくつか設定した中間処理・保管場候補地の中から、各ゾーンからの運搬コスト最小化問題をとくことによって最適中間処理・保管場の選択を行う。

図—4にエリアレベルでの定式化を示す。

目的関数
$\sum_{z=1}^m y_{i_z k''} \rightarrow \min \quad (12)$
定義
SS ; エリア内のゾーンの集合 $SS = \{z; z=1, 2, \dots, m\}$ k'' ; エリア内の中間処理場候補地 $\{k'' = 1'', 2'', \dots, t''\}$ i_z ; 各ゾーン (z) おける収集基地 $\{z=1, 2, \dots, m\}$ $y_{i_z k''}$; ゾーン内における収集基地 (i_z) から中間処理場 (k'') までの運搬コスト $y_{i_z k''} = \alpha \cdot a_{i_z k''}$ $a_{i_z k''}$; ゾーン内における収集基地 (i_z) から中間処理場 (k'') までの距離 α ; 単位距離当たりの運搬コスト

図—4 エリアレベルでの定式化

(3) リージョンレベルでの定式化

エリアで集められた廃棄物を中間処理・保管場から最終処理場（焼却場）まで大型運搬車で運搬するものとし、そのリージョン内にいくつか設定した最終処理場（焼却場）候補地の中から、各中間処理・保管場からの運搬コスト最小化問題を解くことによって最適最終処理場（焼却場）を選定する。

下図（図—5）にその定式化を示す。

目的関数
$\sum_{e=1}^l y_{p_e k'''} \cdot r_{p_e k'''} \rightarrow \min \quad (13)$
定義
p_e ; エリア (e) での中間処理場 SSS ; リージョン内のエリアの集合 $SSS = \{e; e=1, 2, \dots, l\}$ k''' ; 最終処理場候補地 $(k''' = 1''', \dots, T''')$ $y_{p_e k'''}$; p_e から k''' までの運搬コスト $y_{p_e k'''} = \beta \cdot a_{p_e k'''}$ $a_{p_e k'''}$; p_e から k''' までの運搬距離 β ; 中間処理場・最終処理場間の単位距離あたりの運搬コスト $r_{p_e k'''}$; エリア e 内で一回の収集で出たごみを p_e から k''' まで運搬するのに必要な運搬車の台数 $r_{p_e k'''} = B_{p_e} / W'$ B_{p_e} ; 一回の収集で中間処理場 p_e に集まるごみの量 $B_{p_e} = \sum_{i \in S_e} b_i$ S_e ; エリア (e) 内の収集所の集合 W' ; 中間処理・最終処理場間の運搬車の可能積載量

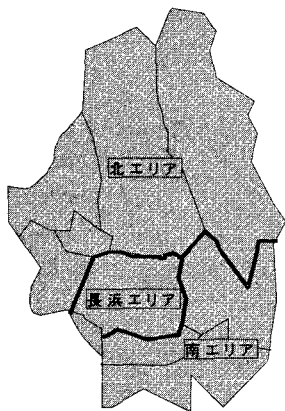
図—5 リージョンレベルでの定式化

4. 廃棄物収集運搬システムに関するモデルの実証的検討

本研究では滋賀県湖北広域行政事務センタ一担当地域（長浜市、湖北町、浅井町、伊吹町、虎姫町、びわ町、山東町、近江町、米原町）の1市8町を対象として開発した廃棄物収集・運搬システムに関するモデルの適用による実証的検討を行ったが、紙面の都合によりここでは簡約化したモデルによる実証的検討の結果を載せることとし、検討結果については発表時に述べることとする。

今回の実証的検討に使ったモデルは、
先述のモデルをゾーンレベルにおいて
簡約化したものであり、各ゾーンは 1
台で収集しきれる収集所の集合とし、
各ゾーンを回る収集車は 1 台とするも
のを使用した。

(1) 実証的検討の結果
対象地を図一6のようにエリア分割し、
ゾーンレベルでの計算を行った結果を
表一1に示す。



図一6 対象地のエリア分割

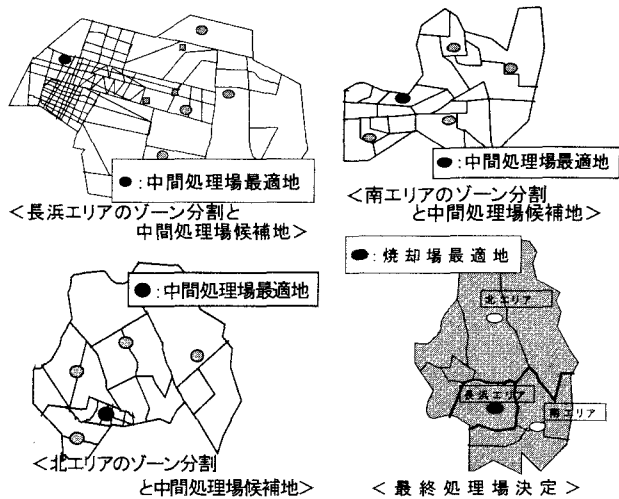
表一1 各エリアの収集所と収集ルート・コスト合計

	エリア内収集 所数合計	ゾーン内ルート距 離のエリア合計	ゾーン内運搬コスト のエリア合計(円)
長浜エリア	798	293018	35162
北エリア	420	378788	45455

さらに、エリアレベル、リージョンレベルで
の検討結果を図一7に示す。

(2) 考察

今回の実証的検討により対象地内の全ての
ゾーンについて、最短経路とその時の運搬コ
ストを求めることができた。また、各エリア
ごとに設けた中間処理・保管場候補地のなか
から立地最適地を、対象地全体では最終処理



図一7 エリア・リージョンレベルでの検討結果

場の立地最適地を抽出できた。今回のモデル
では、運搬コストのみを扱っているので、中
間処理・保管場、最終処理場ともに、ゴミ収
集所が密集している地域に比較的近い候補地
が選択される傾向が見られた。

5、おわりに

本研究を通して、廃棄物処理システム構築
の必要性を明確にすることができたと共に、
モデル開発を行うことにより、一般 廃棄物
収集・運搬システムの構築にとっ
て有効な情報提示ができたと考え
る。今後は、より一般的な形のモ
デルによる検討が必要であり、そ
れにより、より高度で実現性の高い分析が可
能になると考える。

【参考文献】

- 1) 滋賀県琵琶湖環境部環境整備課：滋賀県
の廃棄物、平成9年度版
- 2) 廃棄物学会：廃棄物ハンドブック、1996
- 3) 石川貞昭：これからの廃棄物処理と地
球環境、中央法規出版、1995