

リサイクルを考慮した一般廃棄物処理システム計画に関するモデル分析*

A Study on Development of Model of Desirable Disposal System including Recycling*

立花 潤三**・春名 政***

By Junzo TACHIBANA**・Mamoru HARUNA***

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てきた近年、資源保全、地球環境等の問題に対する世界的な研究・活動はますます活発化し、それらの問題を構成する大きな要因である廃棄物処理問題も大きくクローズアップされるようになってきた。また、我が国においては最終処分場の確保難という切迫した問題も加わり、廃棄物処理体制は未曾有の変革の時期に突入している。しかしながら、より良い廃棄物処理システムの検討を行うためには廃棄物処理問題を生産→消費→排出→処理（リサイクル）の各段階すべてを捉え、さらに政策面、経済面および産業面、教育面にまで視野に入れた幅広い範囲での総合的な検討が必要である。

このような背景のもと、本研究では、廃棄物処理システム計画を効果的かつ合理的に行うため、その構想計画段階における処理システム計画検討ツールとして、総合的かつ多面的な検討の実現をめざした廃棄物処理システム計画モデルの開発及び現実レベルでのモデル分析を行うこととした。

2. 一般廃棄物処理システム計画に関する考察

(1) 広域的な廃棄物処理システム整備に関する考察

そもそも、廃棄物処理問題の合理的解決を図り、またリサイクル関連の新産業の創出・活性化をめざすことは容易なことではない。また、時代の流れとしての地域分権の動きが急速に進行する中での公共投資効率化が要求されるこの財政難の時代に、現在の市町村行政体制や社会経済システムだけでは、地方諸都市の各地域が要求する全ての都市計画事業を円滑に事業推進することは至難の業である。そして、平成9年に厚生省から発せられた「ごみ処理広域化について」と題する通達によって、今や各自治体は急速なごみ処理システムの広域化の渦に飲

み込まれつつあるのが現状であり、各地域の地域特性や地域住民・企業の社会的ニーズを十分勘案しつつ、全地域で協調化・共同化した新しい広域的利用・運営システムの導入と、地域住民をも含めた民間資金・能力の利用・活用システムの導入において政策的実現を目指すことが重要である。図2-1には、広域的都市施設整備に関する一般的な効果等の概要図を示す。

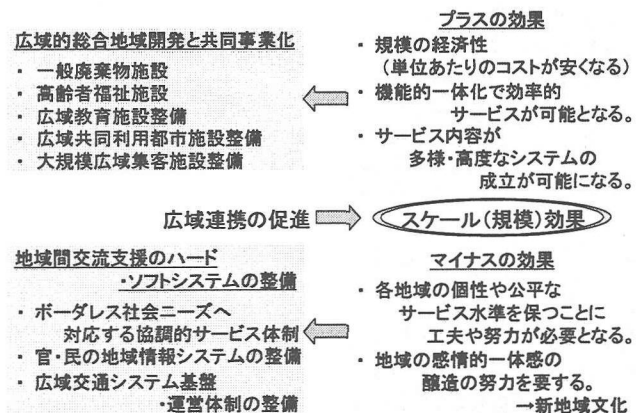


図2-1 広域的都市施設整備に関する効用等の概要

(2) 一般廃棄物処理システム整備に関する計画モデル分析に関する考察

廃棄物計画は大きく捉えると、基本方針→構想計画→基本計画→事業化計画の各段階を経て検討されるわけであるが、その中でも構想計画段階における検討は基本計画段階さらには事業化計画段階までを大きく左右するものであり基本計画段階、事業化計画段階まで先取的に検討する必要がある。また、廃棄物処理問題は、先述したとおり幅広い範囲での総合的な検討が不可欠な問題である。従って、現実レベルでかつ総合的な検討を多角度から多面的に検討出来るツールとして計画モデル分析は各計画段階、特に構想計画段階においては大変重要であると考ええる。

(3) 既存研究に関する考察

これまで廃棄物処理システムを扱った研究は様々なアプローチから多くの研究がなされている。収集・運搬システムに関して田中勝¹⁾による研究では、近年のリサイクルの必要性によって大きく変化をした収集・運搬システムに関して、システム論的アプローチから詳細レベル

* キーワーズ 環境計画

**学生員、工修、立命館大学大学院理工学研究科
(滋賀県草津市野路東1-1-1
TEL 077-561-2736, FAX 077-561-2667)

***正員、工博、立命館大学理工学学部土木工学科
(滋賀県草津市野路東1-1-1
TEL 077-561-2736, FAX 077-561-2667)

での現状解析、影響評価等を行い、収集・運搬システムのあるべき姿に関する提言を行っており、未だ変革の時にある廃棄物処理を検討する際には、このようなアプローチは今後も重要なものになると考えられる。また、小泉明、戸塚晶久、他²⁾らは、予測しにくい廃棄物排出量とその収集・運搬に対しファジィ線形計画法を適用し、より現実レベルで検討可能なモデル開発を行っている。近年ごみの排出形態がますます複雑化していき、その排出量予測が困難化する中、このようなアプローチからの研究も重要性が増していくと考えられる。また、廃棄物処理計画に関しては西川光善³⁾らは、排出抑制・再生利用に関する計画に関して、新しく体系化及び問題点を抽出しており、現代の廃棄物処理計画に対して有益な研究であると考えられる。さらに廃棄物処理施設計画に関しては、占部武生⁴⁾は、上位計画の中に処理施設計画を体系化することの重要性と処理施設計画を行う際に重要な要因となる排出量予測、そして処理施設の廃熱利用に関する検討等、処理施設計画を行う際に必要と考えられるいくつかの検討を行っている。

このような中、本研究では構想計画段階における廃棄物処理計画を対象とし、下位計画までの先取りの検討ツールとして、排出量予測、収集・運搬システム及び処理施設計画を含んだ総合的かつ動学的なモデル開発及び、現実レベルでの多角度から多面的なモデル分析を行った。廃棄物処理問題の性質上不可欠であると考えられる総合的かつ現実レベルでの検討を可能とした本研究には大きな意義があると考えられる。

3. 一般廃棄物処理システム計画モデル

(1) モデルの構造および基本的設定条件

ここでは、複雑な一般廃棄物処理システム計画モデルの構造及び情報の流れの概要を示すこととする。本モデルは図3-1にも示す通り、「ゾーン内収集・運搬計画モデル」、「エリア内収集・運搬計画モデル」、「処理施設計画モデル」及び「排出量推計モデル」の4つのモデルから構成される。以下に、各モデルの概要を記す。

まず、「ゾーン内収集・運搬計画モデル」及び「エリア内収集・運搬計画モデル」の概要図を図3-2に示す。

「ゾーン内収集・運搬計画モデル」は、あるゾーン内において最適な収集・運搬ルート、及び収集・運搬コストを求めるモデルである。

その際、モデルの与件条件としては、収集車基地の場所、各ごみ排出ステーションの数、場所およびそこから排出されるごみ排出量、単位距離当たりの収集運搬費用、収集車の平均速度、収集車のごみ積載限界量である。

モデルへのINPUT情報としては、ゾーン内における収集車の積荷（ごみ）が積載限界量を超えた場合にその積荷を運び入れる施設の場所と施設の種類の施設の処理能力限界量、さらに積荷を降ろす際の施設の順番である。こ

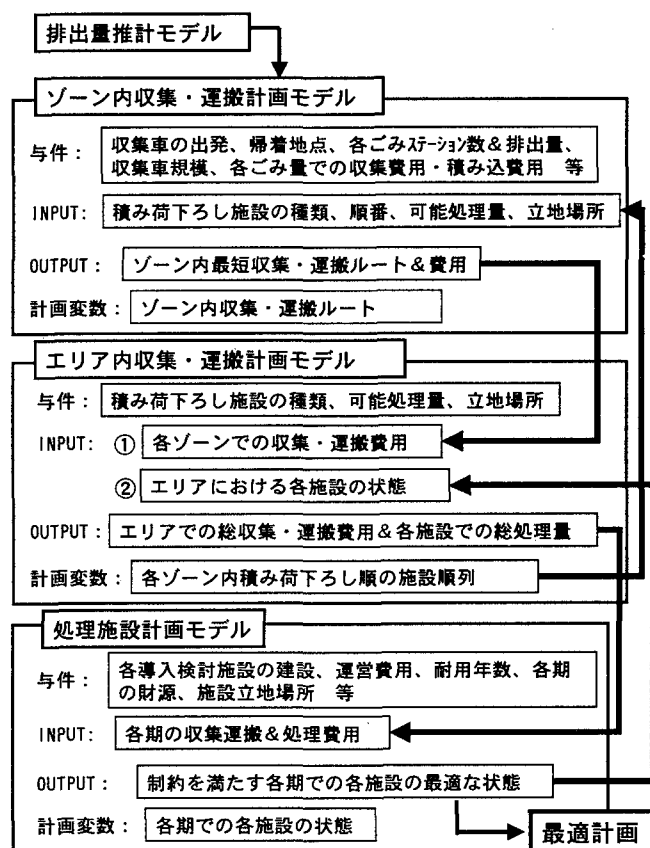


図 3-1 一般廃棄物処理システム計画モデルの概要図

こで、ゾーン内におけるごみの量、収集車の積載限界量というのは与件であるので、そのゾーン内での積荷を降ろす回数も与件となる。その積荷を降ろす回数分の施設の順列を INPUT 情報として与えるのである。

このモデルからの OUTPUT として、ゾーン内での最小収集・運搬費用が算出され、この OUTPUT 情報が「エリア内収集・運搬計画モデル」へ INPUT される。

次に「エリア内収集・運搬計画モデル」は、対象地（以後エリア）全体での収集・運搬費用及び計画期間中の各期に立地している処理施設に運ばれるごみ量を算出するモデルとなる。

このモデルの与件条件として、各期に立地している処理施設の種類の種類、立地場所及び各施設での処理可能限界量である。

このモデルの INPUT 情報としては、「ゾーン内収集・運搬計画モデル」からの INPUT 情報である各ゾーン内での最小収集・運搬費用と各処理施設へ運搬されるごみ量、及び「処理施設計画モデル」からの INPUT 情報となる各期における各施設の立地状況である。そして、各期における各処理施設で処理されるごみ量及びエリア全体の収集運搬費用が OUTPUT 情報として得られる。

次に、「処理施設計画モデル」の与件条件は、各導入検討施設の建設費用、運営・管理費用、耐用年数、各期の財源、各施設立地場所、各施設での処理後の物質及びごみ量の減量率、各施設が処理可能なごみの種類である。

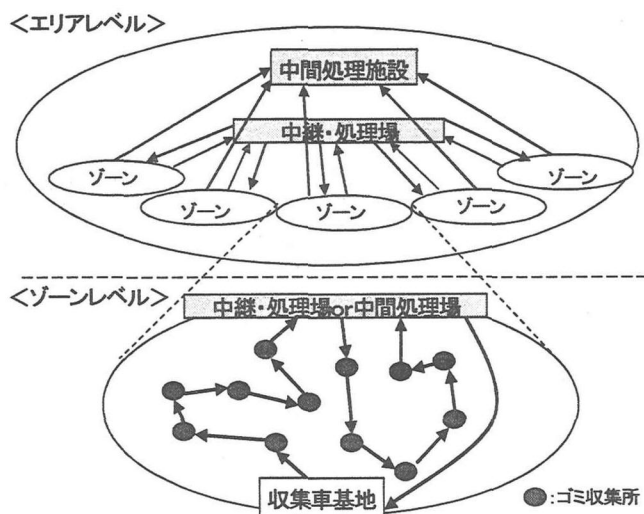


図 3-2 収集・運搬モデルの概要図

このモデルの INPUT 情報としては、「エリア内収集・運搬計画モデル」の OUTPUT 情報である各期における各処理施設で処理されるごみ量及びエリア全体の収集運搬費用が入り、この「処理施設計画モデル」の OUTPUT が本モデルで導出する一般廃棄物処理システム計画モデルの最適計画である計画期間内の処理施設の建設スケジュール及びその時のごみ埋立量、処理施設建設費用、処理施設運営・管理費用、収集・運搬費用そして対象地の財源から推測するその総費用の償還のトラジェクトリである。

最後に「排出量推計モデル」では、各ゾーンでの世帯数及び世帯規模の割合を INPUT 情報、各ごみの排出量を OUTPUT 情報として「ゾーン内収集・運搬計画モデル」へ入力する。ここで、この複雑な情報交換によって成り立っている本モデルを簡単に説明すると以下の様になる。すなわち、処理施設計画モデルでは、計画変数のパターン数分だけエリア内の総収集・運搬費用を計算する必要があり、それを求めるモデルがエリア内収集・運搬モデルである。従って、施設の立地状況ごと処理施設計画モデルからエリア内収集・運搬モデルへと施設立地状況が INPUT 情報として送られ、エリア内収集・運搬計画モデルからはその都度、処理施設計画モデルへエリア内の最適収集・運搬費用が OUTPUT されてくる。その際、施設状況を INPUT されたエリア内収集・運搬計画モデルはそれをもとに、各ゾーンでの収集車が積荷を降ろす施設の順列によるゾーン数分の組合せを作成し、逐一ゾーン内収集・運搬モデルへそれを INPUT し、各ゾーンからの最適収集・運搬費用、引いてはそれを総計することによりエリア内の最適収集・運搬費用を得るという作業を繰り返しながら、その組合せの中で最もエリア内の総収集・運搬費用が小さくなるような組合せを選出するのである。

(2) ゾーン内収集・運搬計画モデルの定式化

以上のようなモデルの設定を行った上で、ゾーン内での総収集・運搬費用を最小化するという目的関数 (1) 及

びその制約条件 (2) ~ (6) は以下のように書くことができる。

$$\begin{aligned} & \text{minimize} \quad \sum_{i,j \in I_z} C_{ij} \cdot \delta_{ij} \\ & \text{Sub. to} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\sum_{j \in I_z} \delta_{ij} = 1 \quad j \in I_z \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I_z} \delta_{ij} = 1 \quad i \in I_z \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I_z} w_i \leq b' \quad (4)$$

$$\sum_{i \in I_z} w_i \leq b_k \quad (5)$$

$$\sum_{i \in I_z} n = N \quad (6)$$

ここで、 C_{ij} : ゾーン内ごみ排出ステーション i から j までの収集運搬コスト、 δ_{ij} : ルート i から j を選択するとき 1、しないとき 0 のクロネッカーデルタ、 I_z : ゾーン内のごみ排出ステーション、収集車基地及び積荷を降ろす施設の集合、 I'_z : 収集車基地もしくは積荷を降ろす施設から次の積荷を降ろす施設までのごみ排出ステーションの集合、 w_i : ごみ排出ステーション i でのごみ排出量 $[t]$ 、 b' : 収集車のごみ積載限界量 $[t]$ 、 b_k : ごみ処理施設 k の処理限界量 $[t]$ 、 n : 収集車が収集車基地を出発してまた収集車基地に戻るまでにごみ排出ステーションもしくは積荷を降ろす施設を訪れる回数、 N : ゾーン内のごみ排出ステーション、収集車基地及び積荷を降ろす施設の総数であり、制約条件の (2)・(3) は各ごみ排出ステーションを収集車が必ず 1 回だけ収集にまわることを意味しており、(4) は収集車のごみ積載限界量による制約、

(5) はごみを搬入するごみ処理施設の処理限界量による制約、(6) の制約は部分巡回を防ぐためのものである。

(3) エリア内収集・運搬計画モデルの定式化

先述のモデル設定を行った上で、目的関数であるエリア全体での収集・運搬費用の最小化及びその際の制約条件を下記に記す。

$$\begin{aligned} & \text{minimize} \quad \sum_{z \in Z} x_z(\varphi_z) \\ & \text{sub. to} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\sum_{z \in Z} w_z^k \leq b_k \quad (8)$$

ここで φ_z : ゾーン z における積荷を降ろす施設の順列、 $x_z(\varphi_z)$: ゾーン z における最小収集・運搬費用 (円)、 w_z^k : ゾーン z で処理施設 k へ運ばれるごみ量 $[t]$ 、 b_k : 処理施設 k の処理限界量 $[t]$ 、 Z : エリア内のゾーンの集合であり、(7) の目的関数はエリア内の総収集・運搬費用を表しており、(8) はエリア全域から処理施設 k へ搬入されるごみ量が処理施設 k の処理限界量を超えないという制約となっている。

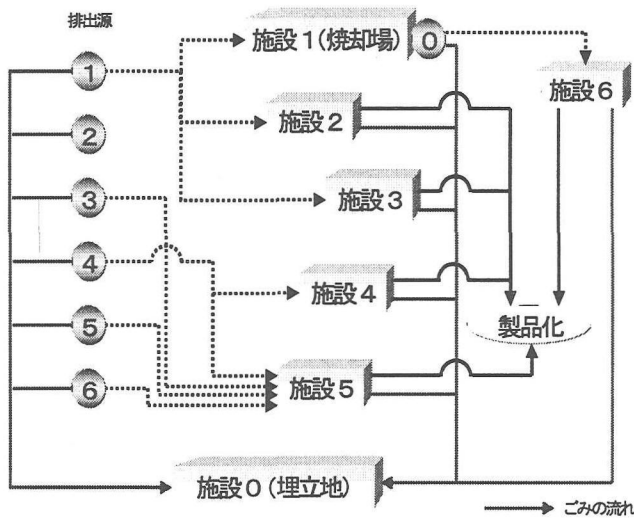


図 3-3 処理施設計画モデルの概要図

(4) 処理施設計画モデル

先述のモデル設定を行った上で、ここでは計画期間内でのエリア内のごみ埋立量を目的関数とした制御数学問題として、最大原理を解法とした処理施設計画モデルの定式化を下記に示す。

$$\text{minimize } P(T) = \sum_{t=1}^T P'(t) \quad (9)$$

sub.to

$$P(t) = P'(t) + P(t-1) \quad (10)$$

$$C(t) = C'(t) + C(t-1) \quad (11)$$

$$\$ (t) = y(t) + \$ (t-1) \quad (12)$$

$$P'(t) = \text{ass}(g(t), \$ (t)) \quad (13)$$

$$C'(t) = W(t) + D(t) + H(t) - E(t) \quad (14)$$

$$D(t) = d(g(t), \$ (t)) \quad (15)$$

$$H(t) = h(g(t), \$ (t)) \quad (16)$$

$$E(t) = e(g(t), \$ (t)) \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^T U(t) - C'(t) \geq 0 \quad (18) \quad P(0) = 0 \quad (19)$$

$$\$ (0) = 0 \quad (20) \quad C(0) = 0 \quad (21)$$

ここで、 i : ごみの種類、 t : 計画初年度からの経過期、 k : ごみの種類 i において導入検討施設、 $P(t)$: t 期までのごみ埋立量、 $P'(t)$: t 期におけるごみ埋立量、 $C(t)$: t 期までの総費用、 $C'(t)$: t 期における総費用、 $W(t)$: t 期における収集・運搬費用、 $D(t)$: t 期における処理施設の運営・管理費用、 $H(t)$: t 期における新規立地施設の建設費用、 $E(t)$: t 期における再資源化製品の売上、 $\$ (t)$: t 期において施設 j 、 k が立地していなければ 0、建設中ならば 1、立地していれば 2、 $y(t)$: $t-1$ 期と t 期の時間断面において新規立地施設の建設を開始すれば 1、その他が 0、 $g(t)$: t 期における各ごみの排出量、 $U(t)$: t 期でのコスト制約である。(9) は目的関数を表す。ここでは、計画期間の総ごみ埋立量を最小化にする問題とし

て定式化した。制御変数として新規立地施設の建設開始を表わす $y(t)$ が該当する。(10) は計画期間内の総埋立量の状態方程式、(11) は総費用の状態方程式、(12) は施設の立地状態を表す状態方程式、(13) は t 期での埋立量算出関数、(14) は総費用の内訳、(15) は運営・管理費用算出関数、(16) は建設費用算出関数、(17) は再生品化商品の利益もしくは逆有償、(18) は各期での費用制約、(19)、(20)、(21) はそれぞれ、ごみ埋立量、施設状態、費用を表す状態変数の初期設定を表す。

このモデルは前述の通り最大限理を適用し解を求めており、以下にその解法の概要を記す。すなわち、まず状態方程式(10)、(11)、(12)よりハミルトニアン $H(t)$ を以下のように導出する。

$$H(t) = \lambda_1 (P'(t) + P(t-1)) + \lambda_2 (C'(t) + C(t-1)) + \lambda_3 (y(t) + \$ (t-1)) \quad (t=1, 2, \dots, T) \quad (22)$$

また、ハミルトニアンと補助変数の関係式は以下の様になる。

$$\lambda_1(t-1) = \frac{\partial H(t)}{\partial P(t-1)} = \lambda_1(t) \quad (23)$$

$$\lambda_2(t-1) = \frac{\partial H(t)}{\partial C(t-1)} = \lambda_2(t) \quad (24)$$

$$\lambda_3(t-1) = \frac{\partial H(t)}{\partial \$ (t-1)} = \lambda_3(t) \quad (25)$$

そして、各状態変数の境界条件から、 $\lambda_1=1$ 、 $\lambda_2=k$ 、 $\lambda_3=0$ と決定され、ハミルトニアンは

$$H(t) = P'(t) + P(t-1) + k(C'(t) + C(t-1)) \quad (26)$$

となる。このハミルトニアンを用い、図 3-4 のような手順をふんで解を求めた。

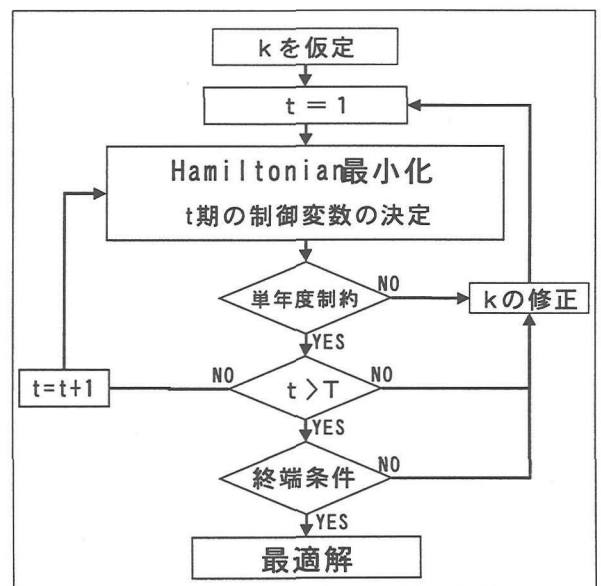


図 3-4 解法のフロー図

(5) 排出量推計モデルの説明

広域ごみ処理システムを想定する際、ごみ排出量の空間的及び時間的な特性は、効率的・効果的な収集運搬体制や処理施設の立地場所、公平な各市町村の費用負担割合等を決定する際に重要な要因となってくる。そこで今回は各市町村単位よりも詳細な地域レベルでのごみの排出量推計をめざし、各種ごみ排出量を目的変数とおき、図3-5に示すように説明変数を抽出し、それをを用い重回帰分析により、ごみ排出量推計を行った。説明変数の抽出に関しては、一般廃棄物の排出に関する各要因間の関係を明確にした上で、考え得る全説明変数を抽出したうえで多重共線性を考慮し、相関係数の高い世帯別人口割合（1～2人、3～4人、5人以上）、産業別人口割合（第1次、第2次、第3次）の6変数に絞り込んだ。表3-1には各ごみ排出量を目的変数とした時の各説明変数との相関係数を示す。

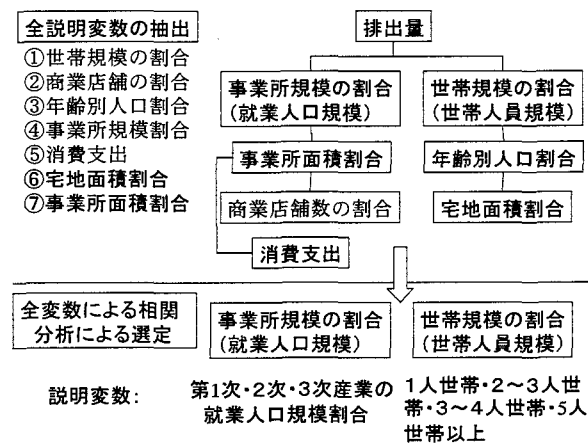


図 3-5 排出量推計モデルで用いる説明変数

表 3-1 各ごみ排出量と各説明変数との相関係数

	1～2人世帯	3～4人世帯	5人世帯以上	第1次産業	第2次産業	第3次産業
可燃ごみ	0.8720	0.7752	-0.5151	0.5568	-0.7670	0.8721
ペットボトル	0.7856	0.7356	0.5568	0.5670	0.8721	0.7752
鉄、アルミ、ガラス	0.8522	0.8564	-0.8756	0.3900	-0.7374	0.7670
プラスチック	0.8154	0.8397	0.7851	0.2035	0.6374	0.8721
生ごみ	0.7259	0.8185	0.5055	0.8756	-0.5851	0.5151
不燃ごみ	0.8163	0.7185	0.4816	0.7564	0.7397	0.7752

4. 一般廃棄物処理システム整備計画モデルによる実証分析

(1) 実証分析におけるモデルの条件設定

本実証分析は、滋賀県草津市、守山市、栗東町、野洲町、中主町の2市3町を対象地として分析を行った。

まず、収集・運搬費用に関する設定を以下に記す。

ごみの質量 x 、単位容積あたりの質量 a_n (t/m³)、運搬距離 d_{ij} 、陸運費 c'_{ij} は $c''_{ij}=40d_{ij}+60$ (円/m³)⁵⁾とすると $c'_{ij}=c''_{ij} * x / a_i$ (円)で求められる。また、積み替え費 c'''_{ij} は $c'''_{ij}=270x/a_i$ (円)⁵⁾とする。つまり、 c_{ij} は $c_{ij}=c'_{ij}+c'''_{ij}$ (円)となる。さらに、エリアのゾーン分割に関しては、ゾーン分割は各分別ごみごとに行うものとし、ゾーンは積載量と収集時間から算出した各ゴミの収集車一台が一日で回りきれぬ収集ステーションと車両基地、中継施設、中間処理施設の集合とすることとした。その際のゾーン分割方法としては、ごみ収集車が各収集ステーションを逐次そのポイントから一番近いステーションをめざすというルートによって上記条件を満たす範囲と定めた。ここで収集車の平均速度として、20 km/h⁵⁾と設定し、一日の収集可能時間としては朝8時から午後4時での8時間とする。また、ごみ排出の分別種類は導入検討施設との関係から、可燃ごみ、不燃ごみ、生ごみ、ペットボトル、プラスチック、鉄・アルミ・ガラスの6種分別と設定した。ここで、下記に、各ごみの排出量及び導入検討施設の建設費用・ごみ減量率・施設規模、各再商品の取引価格、対象地における財源の計画期間での設定及び推移を示す。排出量に関しては、対象地である草津市、守山市、栗東町、中主町、野洲町の統計書等^{6) -11)}から先述の排出量推計モデルによって導出したものを使用した。さらに、導入施設の建設費用、運営管理費用、ごみ減量率は前述の統計書^{6) -11)}及び参考文献^{12) -15)}から引用、推計した。また、ここでは、1期を1年と設定している。

表 4-1 エリア内における各ごみ排出量推移 (t)

ごみ種類	第1期	第2期	第3期	第4期	第5期	第6期	第7期	第8期	第9期	第10期
ペットボトル	246.50	293.44	340.07	386.68	433.37	480.17	527.11	574.18	621.39	668.73
鉄、アルミ、ガラス	1814.86	1850.71	1874.82	1892.47	1906.03	1916.76	1925.42	1932.49	1938.30	1943.10
プラスチック	2781.19	2832.11	2864.91	2887.74	2904.24	2916.36	2925.26	2931.69	2936.17	2939.07
生ごみ	8158.96	8328.40	8445.29	8533.35	8603.15	8660.33	8708.26	8749.12	8784.40	8815.15
可燃ごみ	37714.61	38535.45	39114.52	39561.07	39923.77	40228.60	40491.06	40721.15	40925.69	41109.57
不燃	1361.15	1388.03	1406.11	1419.35	1429.52	1437.57	1444.06	1449.37	1453.73	1457.32
	第11期	第12期	第13期	第14期	第15期	第16期	第17期	第18期	第19期	第20期
	713.29	757.69	802.09	846.49	890.89	935.29	979.69	1024.09	1068.49	1112.89
	1939.18	1934.76	1930.34	1925.93	1921.51	1917.09	1912.67	1908.25	1903.82	1899.40
	2928.75	2917.69	2906.62	2895.56	2884.49	2873.42	2862.35	2851.28	2840.21	2829.14
	8806.40	8795.40	8784.41	8773.41	8762.40	8751.39	8740.38	8729.37	8718.35	8707.33
	41109.39	41098.78	41088.14	41077.49	41066.83	41056.15	41045.46	41034.75	41024.03	41013.31
	1454.38	1451.07	1447.76	1444.44	1441.13	1437.82	1434.50	1431.18	1427.87	1424.55

表 4-2 各処理施設の建設費用

(100 万円)

導入検討施設	第1期	第2期	第3期	第4期	第5期	第6期	第7期	第8期	第9期	第10期
ペットボトルリサイクル施設	3122.00	3117.61	3112.49	3106.81	3100.69	3094.19	3087.35	3080.21	3072.80	3065.14
リサイクルセンター	6110.10	6127.71	6140.21	6149.90	6157.82	6164.51	6170.31	6175.42	6180.00	6184.14
プラスチック複合再生施設	7498.80	7495.95	7491.21	7484.42	7475.45	7464.18	7450.52	7434.37	7415.66	7394.33
コンポスト施設	3191.59	3206.56	3217.18	3225.41	3232.14	3237.83	3242.76	3247.11	3251.00	3254.52
ガス化溶融施設	6911.36	6972.99	7016.72	7050.64	7078.35	7101.78	7122.08	7139.98	7156.00	7170.49
焼却場	6162.65	6153.84	6147.60	6142.75	6138.79	6135.45	6132.55	6129.99	6127.70	6125.63
	第11期	第12期	第13期	第14期	第15期	第16期	第17期	第18期	第19期	第20期
	3057.25	3049.13	3040.81	3032.30	3023.60	3014.72	3005.68	2996.48	2987.12	2977.61
	6187.92	6191.39	6194.61	6197.61	6200.41	6203.04	6205.53	6207.88	6210.10	6212.22
	7370.29	7343.48	7313.86	7281.37	7245.94	7207.54	7166.12	7121.63	7074.03	7023.27
	3257.73	3260.69	3209.95	3206.73	3203.54	3200.37	3177.41	3172.79	3168.16	3163.55
	7183.71	7141.71	7096.21	7047.21	6994.71	6938.71	6879.21	6816.21	6749.71	6679.71
	6123.74	6122.00	6120.39	6118.90	6117.49	6116.18	6114.94	6113.76	6112.65	6111.59

表 4-3 各処理施設でのごみ減量率

導入検討施設	第1期	第2期	第3期	第4期	第5期	第6期	第7期	第8期	第9期	第10期
ペットボトルリサイクル施設	0.0026	0.0025	0.0025	0.0024	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0022	0.0021
リサイクルセンター	0.0094	0.0092	0.0091	0.0089	0.0087	0.0085	0.0084	0.0082	0.0080	0.0079
プラスチック複合再生施設	0.0849	0.0832	0.0816	0.0800	0.0784	0.0768	0.0753	0.0737	0.0723	0.0708
コンポスト施設	0.0014	0.0014	0.0014	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0012
ガス化溶融施設	0.0437	0.0428	0.0419	0.0411	0.0403	0.0395	0.0387	0.0379	0.0371	0.0364
焼却場	0.0910	0.0892	0.0874	0.0856	0.0839	0.0823	0.0806	0.0790	0.0774	0.0759
	第11期	第12期	第13期	第14期	第15期	第16期	第17期	第18期	第19期	第20期
	0.0021	0.0021	0.0020	0.0020	0.0019	0.0019	0.0019	0.0018	0.0018	0.0018
	0.0077	0.0076	0.0074	0.0073	0.0071	0.0070	0.0068	0.0067	0.0066	0.0064
	0.0694	0.0680	0.0667	0.0653	0.0640	0.0627	0.0615	0.0603	0.0591	0.0579
	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010
	0.0357	0.0350	0.0343	0.0336	0.0329	0.0322	0.0316	0.0310	0.0303	0.0297
	0.0744	0.0729	0.0714	0.0700	0.0686	0.0672	0.0659	0.0645	0.0633	0.0620

表 4-4 各処理施設規模

表 4-5 各再商品の取引価格

	処理限界能力(t/日)	資源ごみ(再商品)	価格(円)
ペットボトルリサイクル施設	150	ペットボトル	無償
リサイクルセンター	300	アルミ	60円/t
プラスチック複合再生施設	50	スチール	3円/t
コンポスト施設	150	びん	2円/t
ガス化溶融施設	300	スラグ(ガス化溶融)	無償
焼却場	300	コンポスト	無償

表 4-6 対象地での各期の財源推移

(100 万円)

第1期	第2期	第3期	第4期	第5期
5015	5040.075	5042.583	5067.795	5070.317
第6期	第7期	第8期	第9期	第10期
5095.668	5116.051	5136.515	5157.061	5177.689
第11期	第12期	第13期	第14期	第15期
5198.4	5219.194	5240.071	5250.551	5261.052
第16期	第17期	第18期	第19期	第20期
5271.574	5282.117	5292.681	5303.267	5313.873

表 4-7 モデルへの適用値と実測値の比較

	草津市統計値	モデル適用値
ごみ排出量(t)	33319	30222
収集・運搬費用(百万円)	470.1	360.07
埋立量(t)	5506	3017

(2) モデルの妥当性に関する検討

表 4-7 に、本モデルにおける排出量推計モデル、収集・運搬モデル、処理施設計画モデルを平成 8 年度の草津市の状態に適用してみた場合の結果及び同じく平成 8 年度の草津市での各統計値を示す。

排出量に関しては総排出量での比較をしているが、かなり近い値が出ており、回帰分析に用いた説明変数の的確な把握ができれば、ある程度、精度の高い数値を期待することができると考える。また、収集・運搬費用については、統計値と比べモデルによる結果はかなり下回るも

のとなった。これは、本モデルによる最適収集・運搬経路の効果を示すとともに、収集車及び各収集ステーション及び収集車基地の管理費用等を考慮に入れることでより精度の高い数値が得られると考えられる。そして、埋立量に関しては、現状と同じ施設立地状態で埋立量を算出したにもかかわらず、値がかなり下回った。これは、各施設における減量率として、モデルでは理想値を用いていることから考えると考えられる。排出の際の各ごみの分別効率によって各施設の減量率が大幅に変化することをモデルに導入することによりこの値も修正可能であるとする。

(3) 分析結果

上記の表 4-1~4-6 までの各種データはいわば現状から将来を素直に予測したいわば現状保持型推移であり、まずこのデータを用いた分析結果を分析パターン 1 として下記に示す。

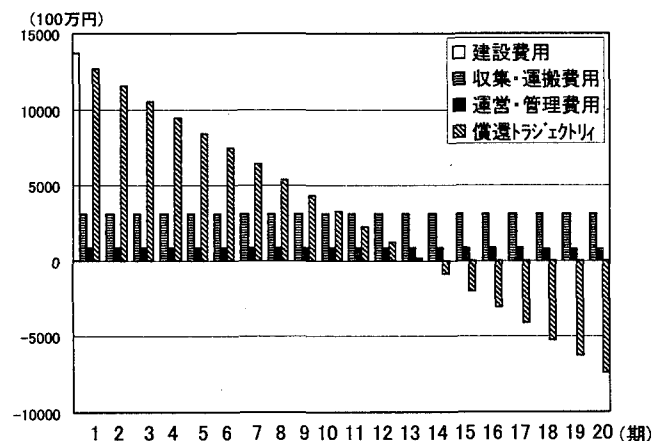


図 4-1 分析パターン 1 における各費用の経年変化

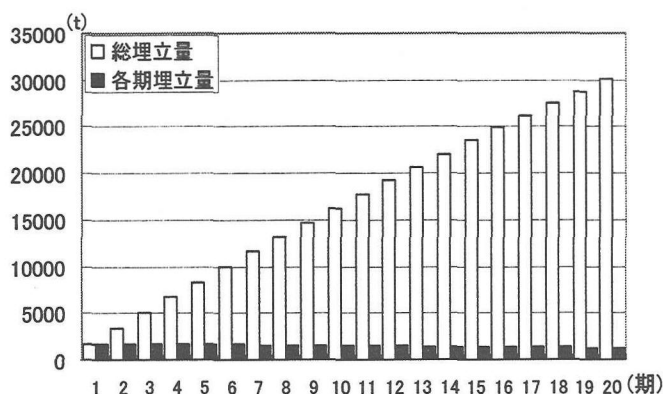


図 4-2 分析パターン1における埋立量の経年変化

パターン1では、導入検討施設のうち、リサイクルセンター、コンポスト化施設、ガス化溶融施設が第1期目から建設されるという結果が得られた。また、その際の各期の総建設費用、総収集・運搬費用、総運営・管理费用、償還トラジェクトリを図 4-1 に示す。ここで償還トラジェクトリとは、建設費用などが足りない場合に借り入れた借入金を償還していく経緯を示したものであり、その数値は各期に抱えている借入金の残額を表している。なお、これがマイナスを示す場合には、次期への繰越金を示すものとする。また償還の際の年利率は一律2%と設定した。この結果、第10期目から黒字に転じていることが見て取れる。また、埋立量の経年変化を図 4-2 に示す。草津市での年間埋立量の約 5066t (平成8年)と比較すると、本モデル分析の対象地が2市3町と広がるのにもかかわらず各年度埋立量平均値が1702tと大きく下回る結果となった。

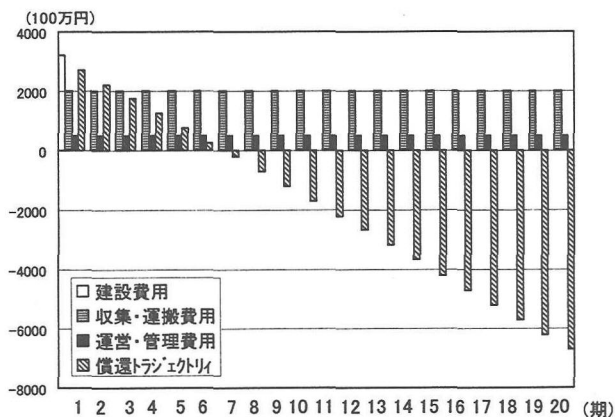


図 4-3 分析パターン2における各費用の経年変化

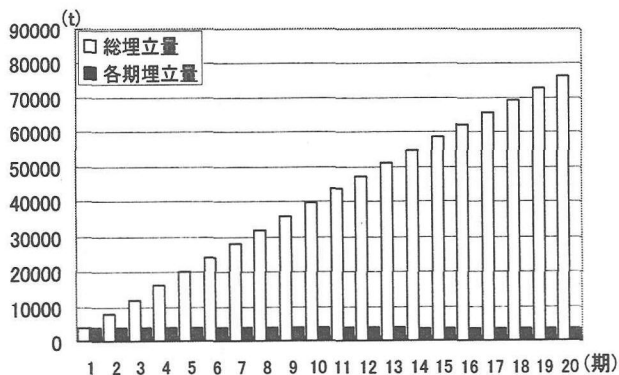


図 4-4 分析パターン2における埋立量の経年変化

次に、各期の財源を約半分にした場合を分析パターン2として図 4-3～図 4-4 に結果を示す。パターン2ではガス化溶融固化施設がここでは唯一しかも計画期間の途中から建設される。このことは、他のどの施設をたとえ計画期間初期から建設するよりも、ガス化溶融固化施設が埋立量削減には効果的な施設であることを示しており、これは、ガス化溶融固化施設の減量率の高さとその処理対象ごみの幅広さからくるものであると考えられる。しかし、この結果は、ガス化溶融固化施設によって生成されるスラグの流通が滞りなく行われることを前提としており、この流通が環境面、もしくはその品質の面から流通が滞った場合、そのスラグがそのまま埋立場へ運ばれることとなり、その減量率は0.1～0.25になり、上記設定条件と大きく異なることになる。次にその場合の結果分析パターン3として図 4-5～図 4-6 に示す。

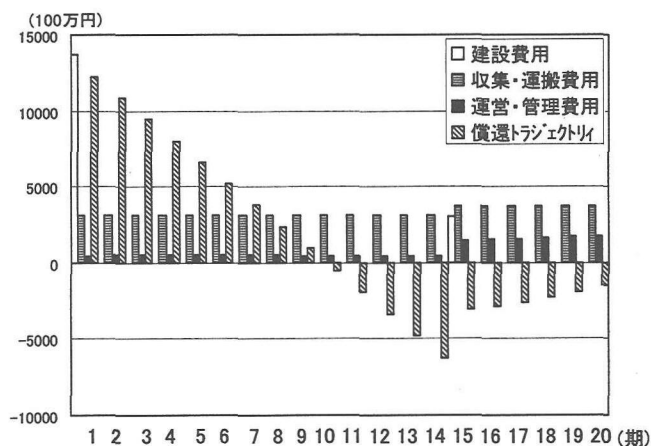


図 4-5 分析パターン3における各費用の経年変化

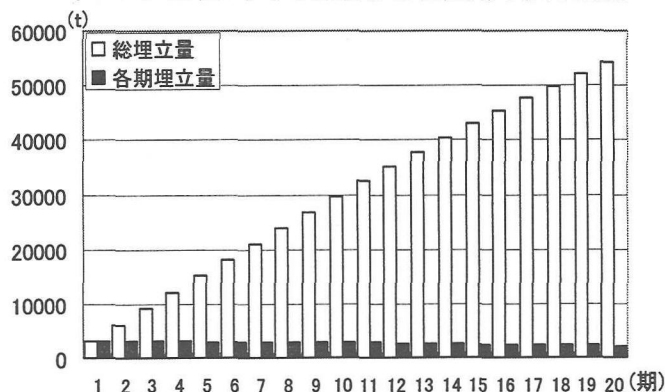


図 4-6 分析パターン3における埋立量の経年変化

パターン3では、ガス化溶融施設は建設されず、焼却場が建設されることになる。すなわち、この結果はガス化溶融固化施設で生成されるスラグの流通状況の如何によって、処理システムは大きく変わってくることを意味している。そして、その時の計画期間での総埋立量を見てみると、分析パターン1では約 30044t であるのに対し、分析パターン3では、54341t (各期平均では 3017t) と大幅に大きくなっており、スラグの流通状況の埋立量への影響の大きさを示している。ただ、この場合でも先の草津市の埋立量 5066t と比較してみても、望ましい結果であると言えることができると考える。

次に、ごみの排出段階での分別効率が上がった場合を分析パターン4として分析を行ってみた結果、処理施設立地状況及び各種コストには大きな変化はみられなかったが、分析パターン1での総埋立量が30044tであるのに対し、分析パターン4では27176tへと大きく減少しており、分別効率が埋立量に大きく影響を及ぼすことがわかった。ここで、分別効率に関しては、本研究グループが草津市で行ったアンケート調査で得られた平均分別効率（分別指定ごみをどれだけ分別できているかを示す割合）＝70％を分析パターン1に適応し、分析パターン4ではこの割合を90％まで上がった場合として設定した。

5 結論と今後の課題

本研究では、廃棄物処理システム計画をその構想計画段階において、効果的かつ合理的に行うための廃棄物処理システム計画の検討ツールとして、総合的かつ多面的な検討の実現をめざした廃棄物処理システム計画モデルの開発を行い、滋賀県草津市、守山市、栗東町、野洲町、中主町の2市3町の広域地域を対象とした実証的モデル分析を行った。今後の課題としては、住民活動や各種政策及び産業活動や技術の開発等が排出量や分別効率、各種費用及び再商品化などに対して具体的にどのような影響を及ぼすのかを把握していくことが必要であると考え。また、今回は埋立場へ運ばれるごみ量を評価として用いたが、埋立場における、物質的、時間的な土壌への

負荷を評価として用いることが必要であると考え。

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」廃棄物学会誌 Vol7, No.5, pp.422-433, 1996
- 2) 小泉 明、他「都市ごみ収集輸送計画のためのファジィ線形計画モデル」(土木学会論文集 NO. 443 / II-18, pp. 101~107, 1992.2)
- 3) 西川光善「排出抑制・再生利用に関する廃棄物計画」廃棄物学会誌 Vol5, NO4, pp.290-300, 1999.4
- 4) 占部武生「中間処理における廃棄物計画」(廃棄物学会誌 Vol5, No.4, pp.308-317, 1994)
- 5) 廃棄物学会編：廃棄物ハンドブック
- 6) 草津市：一般廃棄物処理基本計画、1996.3
- 7) 守山市：一般廃棄物処理基本計画、1997.6
- 8) 野洲町：一般廃棄物処理基本計画、1999.3
- 9) 栗東町：一般廃棄物処理基本計画、1994.1
- 10) 中主町：一般廃棄物処理基本計画、1997.6
- 11) 滋賀県琵琶湖環境環境整備課：滋賀県の廃棄物、1998.3
- 12) (株) オフィスゼロ：環境・リサイクル施設データブック2000, 2000
- 13) 厚生省水道環境部：廃棄物処理事業・施設年報、環境産業新聞社, 1999
- 14) 廃棄物処理編集委員会：環境施設, 1999
- 15) 波田幸夫：廃棄物処理再資源化技術百選、(株) 環境新聞社, 1999

リサイクルを考慮した一般廃棄物処理システム計画に関するモデル分析*

立花 潤三**・春名攻***

近年、地球規模での資源保全、環境負荷の問題やごみ埋立地の切迫した確保難を背景とした、廃棄物処理にかんする動きはますます活発化してきており、我が国においては廃棄物処理システムのあるべき方向を模索しているのが現状である。また、より良い廃棄物処理システムの検討を行うためには廃棄物処理問題を生産→消費→排出→処理（リサイクル）の各段階すべてを捉え、さらに政策面、経済面および産業面、教育面にまで視野に入れた幅広い範囲での総合的な検討が必要である。これらを背景とし本研究では、廃棄物処理システム計画を効果的かつ合理的に行うため、その構想計画段階における検討ツールとして、総合的かつ多面的な検討の実現をめざした廃棄物処理システム計画モデルの開発及び現実レベルでのモデル分析を行うこととした。

A Study on Development of Model of Desirable Disposal System including Recycling*

By Junzo TACHIBANA**・Mamoru HARUNA***

Recently, the purpose of waste management system has been expanded on the key word "recycling". Worldwide researches and activities to the resources preservation, such as a global environment, are activated all the more. The waste management problem that is the big factor of those problems is coming to be taken greatly. Moreover, in Japan there is a problem of the securing difficulty of the final disposal place. The waste management system is coming into the time of the reform in our country.

In this paper we developed the planning model of the waste management system as a tool of creating the information for support a desirable planning of waste management system including recycling, and model analysis on actual level was examined through case study analysis at Kusatsu-City, Moriyama-City, Ritto-Cho, Yasu-Cho and Chuzo-Cho.