

立命館大学理工学部 正会員 春名 攻
立命館大学大学院（博）学生員 立花 潤三
立命館大学大学院 学生員 橋本 拓磨
立命館大学大学院 学生員 山本 康史
立命館大学理工学部 ○学生員 大友 智

1. はじめに

現在、可燃性ごみの約3割を占める生ごみについては、都市化の進展、農村労働力の減少、廃棄物の質の変化など様々な要因から、有機物の物質循環の輪が途切れ、そのほとんどが焼却処理されている状況にある。また、生ごみは組成の大部分が水分であるため低温焼却を引き起こしダイオキシンの発生原因にもなっている。このような背景を受けて本研究では、生ごみを安全かつ適正に処理するための生ゴミ処理システムを合理的かつ効果的に計画するため、その構想計画段階における検討ツールとして、生ごみ処理システム整備計画モデルの開発を行い、滋賀県草津市を対象として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。

2. 生ゴミ処理システム整備計画モデルの概要

本モデルは「収集・運搬計画モデル」、(図-1)「処理施設整備計画モデル」(図-2)及び「排出量推計モデル」(図-3)の3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、「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、処理施設に運ばれるごみ量を算出するモデルである。

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と施設の処理能力限界量である。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「処理施設整備計画モデル」へINPUTされる。

次に「処理施設整備計画モデル」は、計画年次までの公共財政収入とシステム支出の差であるトータル収支を最小化する問題として定式化を行った。

INPUT情報としては、「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生ごみ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

目的関数	$\sum_{i,j} c_{ij} \cdot \delta_{ij} \rightarrow \min (i \neq j)$	
制約式	$\sum_{i \neq j} \delta_{ij} = 1$	$\sum_{i \neq j} \delta_{ij} = 1 \quad \begin{matrix} i': \text{中間処理施設} \\ j': \text{中間処理施設} \end{matrix}$
	$u_i - u_j + n \delta_{ij} \leq n - 1 \quad i, j = 0, 1, \dots, n (i < j)$	
	$\sum_{i \in I} w_i \leq b'$	$\sum_{i \in I} w_i \leq b'$
定義	c_{ij} : ゾーン内ステーション <i>i</i> から <i>j</i> までの収集運搬コスト δ_{ij} : ルート <i>ij</i> を選択する時1、しない時0のクロネッカーデルタ w_i : ステーション <i>i</i> でのゴミ排出量(t) w_i^k : ステーション <i>i</i> で排出されたゴミのうち、施設 <i>k</i> に運ばれたゴミ量(t) b' : 車両積載限界量(t) b_k : 施設 <i>k</i> の限界処理量(t) u_i : 収集車がステーション <i>i</i> に到着する際、始点から数えて <i>i</i> 番目にある時、 $u_i = i$ となる補助変数 n : ゾーン内のステーションの総数	

図-1 収集運搬モデルの定式化

目的関数	$\sum_{t=1}^T f(t) \rightarrow \min$
	$f(t) = h(t) + u(t) + s(t) + r(t) - c(t)$
制約条件	$f(t) \leq 0 \text{ (t期での償還制約)} \quad T_s \leq T_i$
	$\sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T w_k \leq w_{k\max} \quad \sum_{t=1}^T g(t) = G$
	$g(t) = \sum_{k=1}^K w_k(t) \cdot \alpha \cdot \theta$
初期条件	$f(0) = 0 \quad x(0) = 0 \quad g(0) = 0$
定義	
	$f(t)$: t期でのトータル収支
	$h(t)$: t期での建設費用
	$u(t)$: t期での運営費用
	$s(t)$: t期での収集運搬費用
	$c(t)$: t期における生ゴミ処理に対する収入
	T_s : 建設されてからの年数
	T_i : 耐久年数
	w_k : 施設kに搬入される量
	$w_{k\max}$: 施設kでの処理限界量(収集運搬段階でクリアされる)
	$g(t)$: t期における埋め立て量
	$w_k(t)$: t期における施設kへの搬入量
	α : 残渣率
	θ : 収集ゴミから利用可能ゴミ抽出の際の減量率

図-2 処理施設整備計画モデルの定式

<家庭系	$w_{i\text{house}}^n(t) = \sum_{n \in N} q_{i\text{house}}^n \cdot S_{nn}^n(t)$
	$q_{i\text{house}}^n = f(u_i) = \alpha_i \ln(u_i) + \beta_i$
	$u_i = f(c_{i\text{char}}^n) = \alpha_i' \ln(c_{i\text{char}}^n) + \beta_i'$
$w_{i\text{house}}^n(t)$: t期にリージョナル内から排出される家庭一般廃棄物の年間排出量(トン)	
$q_{i\text{house}}^n$: n人世帯における家庭一般廃棄物の排出原単位(t/世帯・年)	
$S_{nn}^n(t)$: t期のリージョナル内における人世帯の数	
u_i : 家庭系一般廃棄物排出する際の住環境悪化レベル	
$c_{i\text{char}}^n$: 袋重量制における廃棄物を収集するゴミ袋の袋の金額(円)	
$\alpha_i, \beta_i, \alpha_i', \beta_i'$: 各パラメータ	
<事業系	$w_{i\text{ind}}^j(t) = \sum r_{\text{comp}}^j \cdot q_{i\text{ind}}^j(t) \cdot Be_j(t)$
	$q_{i\text{ind}}^j(t) = \sum_{k=1}^K \alpha_k \left(\frac{Wf_k^j}{Be_k^j} \right) + \beta$
$w_{i\text{ind}}^j(t)$: t期のゾーンにおける事業系一般廃棄物の排出量	
r_{comp}^j : 事業系一般廃棄物の組成比率(与件)	
$q_{i\text{ind}}^j(t)$: エリアe(各市町村)内における事業系一般廃棄物の排出原単位(€/年: 事業所あたりの年間掛金)	
$Be_j(t)$: ゾーンj内の事業所数	
Wf_k^j : エリアe(各市町村)内における産業分類の就業人口	
Be_k^j : エリアe(各市町村)内における産業分類の事業所数	
α_k : 説明変数 k のパラメータ	
β : 重回帰モデルの定数項	

図-3 排出量推計モデルの定式化

還の経緯である。

最後に「排出量推計モデル」では、家庭系の排

出量に関して、原単位は、排出者の減量意識レベルと公共施策である費用負担額で説明されると仮定し、各ゾーンでの世帯数及び世帯規模の割合をINPUT 情報とする。事業系の排出量に関しては各ゾーンでの各産業中分類における就業人口割合をINPUT 情報とする。そして、各生ゴミの排出量をOUTPUT 情報として「収集・運搬計画モデル」へ入力する。

3. 滋賀県草津市を対象とした実証分析

以上の3つのモデルを使って滋賀県草津市を対象とし、施設の位置、規模、ゾーン分割の違いにより5つのパターンを考え分析を行った。なお、ここでは紙面の都合上トータル収支のみ結果(図-4)を示すこととしその他の結果は割愛し発表時に述べることとする。

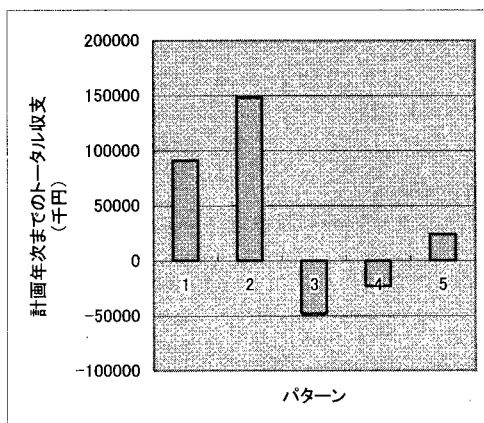


図-4 処理施設整備モデル結果

4. おわりに

本研究では、生ゴミ処理システム整備計画問題に関して、総合的で合理的な解決方法に関するシステム論的な検討として、生ゴミ処理システム整備計画モデル及びその情報ツールとしての各モデル構築、統合さらには現実レベルでのモデル分析を行うことにより、地域にとって必要な廃棄物処理システムの効果的・効率的構築のための方法論の提案を行った。なお、各モデルで行った定式化、実証分析に関しては紙面の都合上一部割愛し発表時に述べることとする。