

都市ごみの広域的処理システムの 多目的最適化に関する研究

○荒井康裕¹・小泉明²・稲員とよの³・西出成臣⁴

¹正会員 工修 首都大学東京／東京都立大学大学院工学研究科 助手 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1)

E-mail: y-arai@ecomp.metro-u.ac.jp

²フェロー 工博 首都大学東京／東京都立大学大学院工学研究科 教授 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1)

E-mail: akoiz@ecomp.metro-u.ac.jp

³正会員 工博 首都大学東京／東京都立大学大学院工学研究科 准教授 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1)

E-mail: inakazu@ecomp.metro-u.ac.jp

⁴工修 東京都立大学大学院工学研究科土木工学専攻 大学院博士前期課程修了 (現在、(株)建設技術研究所)

本研究では、都市ごみの広域的処理システムの最適化に焦点を当て、最も適切な広域ブロックの選択と処理シナリオの組合せについて分析した。すなわち、処理システムの多目的最適化を図るため、経済性及び環境性に関する評価指標について検討する一方、線形メンバーシップ関数及びファジィ決定の理論を組み込んだ多目的ファジィ整数計画問題として定式化するとともに、遺伝的アルゴリズム (GA) による多目的最適化モデルの提案を行った。ケーススタディの結果、経済性と環境性をバランス良く満足する計画代替案が得られ、モデルの有効性を示すことができた。

Key Words: *municipal solid waste, area-wide treatment system, multipurpose optimization, linear membership function, fuzzy decision, genetic algorithm*

1. はじめに

近年、我が国では廃棄物処理・リサイクルに関連した新しい法律が整備され、循環型社会の実現に向けた取り組みが一段と促進されている¹⁾。こうした中、市町村が取り組む一般廃棄物処理の在り方²⁾についても議論がなされ、特に処理施設の整備については、広域的な取り組みの推進や、都市ごみ処理システムの最適化等が今後の検討課題として挙げられる。地区の適正な集約規模を検討しながら、同時に最適な処理シナリオの決定も求められる広域化計画においては、考え得る様々な計画代替案を準備し、その中から経済性と環境性をバランス良く満足するような解を如何にして見出すのが、システム全体の最適化を図る上で重要なポイントとなる。

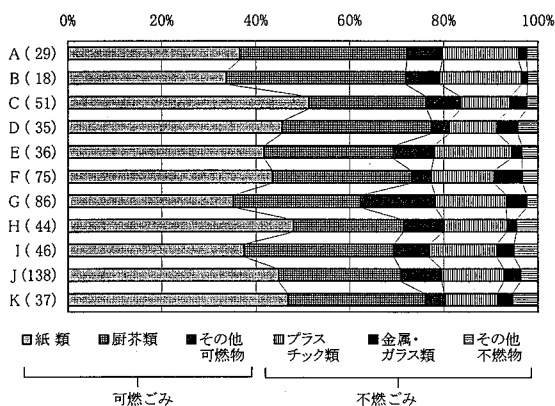
そこで本研究では、都市ごみの広域的な処理施設整備とその最適化に主眼を置き、複数の目標を同時に考慮する多目的最適化をテーマに、どのような規模で施設の集約化 (広域化) を図り、さらに各々の広域ブロックでどの処理シナリオを選択するのが計画代替案として最も適切なのかを考える。ここでの目的は、ごみ処理に要する

総費用の最小化 (経済性の向上) と、ごみ発電出力の最大化 (環境性の向上) の2つを同時に扱い、この多目的最適化問題を解決するための「多目的ファジィGAモデル」を提案するとともに、ケーススタディによる提案モデルの有用性を検証する点にある。以下、2. では、分析に用いるデータについて述べ、3. では、広域ブロック及び処理シナリオの組合せ最適化問題を定式化し、GAの適用方法について説明する。最後に4. では、多目的ファジィGAモデルを用いたケーススタディを試み、総費用とごみ発電出力への要求をバランス良く満足する計画代替案を示す。

2. 分析に用いるデータ

(1) 対象地域のブロック割り処理シナリオの設定

本研究の対象地域を、東京都西部に位置するT地域の一部とする。この地域に属する11地区 (広域事業組合を含む) のごみ組成 [%] は図-1に示すとおりである。なお、これらの組成には、PET ボトルや新聞紙等の別途マテリア



注) 縦軸の括弧内の数値は、各地区のごみ量[千トン/年]を表わす。

図-1 対象地区のごみ組成[%]

ルリサイクルされる資源物は含まれていない。複数の地区を統合し、地域全体をいくつかの区域（以下、これを「広域ブロック」と呼ぶ）にブロック化する方法として、ごみ排出量の多い大規模地区を広域化の中核（コア）と位置付け、その周辺に隣接する中小規模の地区を統合・再編化する体系的な手順が提案されている³⁾。この方法を実際に適用すると、ブロック数を1区域から6区域まで段階的に設定することで、合計74種類の広域ブロックが得られる。

また、上述の広域ブロックで導入する処理方法として、以下の3種類のシナリオを検討した。ここで、

シナリオⅠ：焼却処理

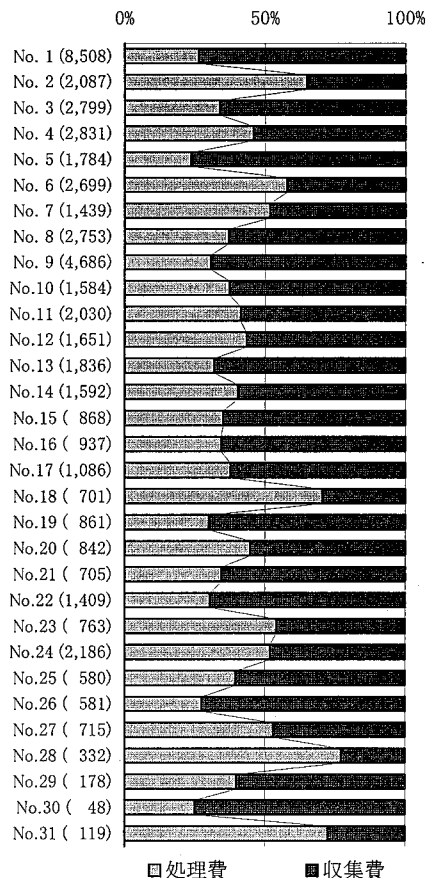
シナリオⅡ：焼却+灰溶融処理

シナリオⅢ：ガス化溶融処理

とする。シナリオⅠ及びⅡの中間処理施設での受入ごみ種は、いずれも可燃ごみのみとした。ただし、最終処分の内容に関して、シナリオⅠは焼却処理後の残渣と不燃ごみを埋立処分するのに対し、シナリオⅡでは灰溶融施設を付設し、減容化が施された残渣（溶融スラグ）が不燃ごみと共に埋立処分される点で異なる。一方、シナリオⅢでは、可燃ごみと不燃ごみ中のプラスチック類を対象に、ガス化溶融炉で焼却処理する方式を採用するものとし、最終処分の内容も溶融スラグ、並びにプラスチック類を除く不燃ごみとなっている。

(2) 経済性に関する評価指標

経済性に関する評価指標として、①処理施設の建設償却費（建設費）、②処理施設での処理に要する費用（処理費）、及び③ごみを処理施設まで収集・運搬するために要する費用（収集費）の合計を「総費用」と定義し、これを最小化するような計画代替案の策定を目的にする。広域ブロック*i*及び処理シナリオ*k*の下で想定される各費目を算定するため、本研究では以下の費用関数を用いるこ



注) 縦軸の数字は市町村No.を表わし、括弧内の数値は処理費及び収集費の合算金額[百万円/年]を示す。

図-2 処理費及び収集費の回帰分析データ

ととした。

建設費に関する費用関数は、対象地域で十分な実績データが得られなかったことを理由に、既往の研究成果で示されたモデル式⁴⁾を参考とする。耐用年数20年で償却する場合の建設費を考え、その費用関数を次式に示す。

$$Y_{Tik} = CT_{ik} \times T_{ik}^{0.7} / 20 \quad (1)$$

ここで、 Y_{Tik} ：建設費[円/年]、 T_{ik} ：施設規模[トン/年]である。添え字の*i*及び*k*は、広域ブロック及びその広域ブロック内で選択される処理シナリオを意味している。

また、 CT_{ik} は設備形式別の建設費係数[円/年]を表わし、図-1に示したごみ組成の違いや、施設の整備内容等を考慮して広域ブロック毎に定める。(1)式が示すとおり、施設規模 T_{ik} を0.7乗する関数であることから、規模の経済性（スケールメリット）を考慮して建設費が算出される。

処理費及び収集費の費用関数は、対象地区を含むT地域（計31市町村）が公表する統計資料を元に、人件費、処理費、車両等購入費、委託費といった区分で計上されたものを処理費及び収集費に集計し直したデータ（図-2）

を用い、これを回帰分析することで得たモデル式⁵⁾である。まず、処理費については、集約化に規模の経済性を考慮に入れ、処理量の指数回帰モデルを検討した結果、実績値と推定値の自由度調整済み重相関係数 R^2 が0.92となる次式を得た。

$$YA_{ik} = 25.29 \times 10^3 WA_{ik}^{0.95} \quad (2)$$

ただし、 YA_{ik} 及び WA_{ik} は、広域ブロック i で処理シナリオ k が選択された場合の処理費[円/年]及び処理量[トン/年]とする。なお、(2)式の費用関数は焼却処理施設での処理費を表わすものであるため、同一の広域ブロックにおける処理費 YA_{ik} の違いは、処理シナリオ毎に異なる中間処理施設での処理量 WA_{ik} のみに依存する。

一方、収集費では、収集量及び処理施設の位置の影響を受けるものとし、両者の合成変数を説明変数とする直線回帰モデルを検討した結果、次式に示す費用関数を得た。なお、実績値と推定値の自由度調整済み重相関係数 R^2 は0.91となった。

$$YB_i = 2.95 \times 10^3 (WB_i \times LB_i) \quad (3)$$

ここで、 YB_i : 収集費[円/年]、 WB_i : 収集量[トン/年]、 LB_i : 処理施設までの最大距離[km]とする。処理施設までの最大距離とは、ごみの搬入先である処理施設から最も離れた地点までの直線距離である。複数の地区から構成される広域ブロックの収集費 YB_i の計算は、各地区毎に(3)式を用いて算定し、これらを合算した値を収集費 YB_i とした。

(3) 環境性に関する評価指標

ごみ処理の広域化における経済性のみならず、環境性に関する向上も考慮に入れるため、未利用エネルギーの活用を図る「ごみ発電」に着目し、本研究では発電出力[kW]の最大化を多目的最適化における第2の指標として導入する。全国の実績データ⁶⁾を対象に、ごみ発電に有利とされるガス化溶融施設(データ数56)とそれ以外の施設(同47)とに分類し、発電出力と処理規模[トン/日]の関係を回帰分析した結果を図-3に示す。この分析結果から、処理規模の増大に伴う発電出力の増加は非線形的であり、同じ処理スケールであればガス化溶融施設の方が、ガス化以外の施設よりも大きな発電出力が期待できることがわかる。そこで、以降の最適化分析では、次式を用いて各処理シナリオにおける発電出力を算出するものとする。

$$P_{ik} = T_{ik}^{\alpha} \quad (4)$$

ただし、 P_{ik} 及び T_{ik} : 広域ブロック i で処理シナリオ k が選択された場合の発電出力[kW]及び処理規模[トン/日]、 α : 設備形式別の出力係数(処理シナリオⅠ及びⅡの時

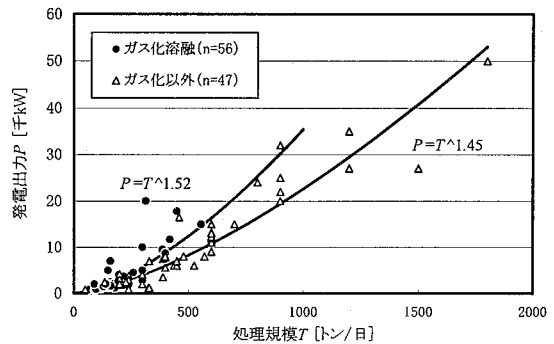


図-3 発電出力と処理規模の関係

1.45、処理シナリオⅢの時1.52)を表わす。

また、本研究ではごみ処理の広域化計画を検討する際、埋立処分量の削減目標レベルを制約条件に与えて最適化を図る。この際、焼却残渣量及び溶融スラグ量は、ごみ組成に応じた配分比率⁴⁾を考慮し、焼却ごみ量、集塵灰比率並びに焼却灰比率等に依存する推定式⁵⁾により算定した。

3. 多目的ファジィGAモデルの構築

(1) 多目的最適化問題の定式化

ごみ処理に要する総費用 TC の最小化と、発電出力 TE の最大化という2つの目的を同時に扱い、この多目的最適化問題を解決するための数値計画モデルについて考える。具体的には、異なる評価項目を定量化・基準化するための方法として、線形メンバーシップ関数⁷⁾を導入し、ファジィ決定⁸⁾の理論を応用した最適化を図る。また、最適化計算に用いるアルゴリズムとしては、近年この分野で盛んに研究が行われている遺伝的アルゴリズム(GA)を採用し^{9), 10)}、問題の特性に応じたアルゴリズムの構築を検討する。なお、本研究では上述の考えに基づく数値計画モデルを「多目的ファジィGAモデル」と呼ぶことにする。

本研究で対象に扱う広域ブロック及び処理シナリオの組合せ最適化問題を「多目的ファジィ整数計画問題」として定式化すると、以下のように表現できる。

【目的関数】

$$\max \min \{ \mu_1(TC), \mu_2(TE) \} \quad (5)$$

【制約条件】

$$\mu_1(TC) = \begin{cases} 1 & ; TC \leq TC_{\min} \\ \frac{TC_{\max} - TC}{TC_{\max} - TC_{\min}} & ; TC_{\min} < TC < TC_{\max} \\ 0 & ; TC \geq TC_{\max} \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_2(TE) = \begin{cases} \frac{TE}{TE_{\max}} & ; TE < TE_{\max} \\ 1 & ; TE \geq TE_{\max} \end{cases} \quad (7)$$

$$TC = \sum_i \sum_k (YT_{ik} + YA_{ik} + YB_i) \times y_{ik} \quad (8)$$

$$TE = \sum_i \sum_k P_{ik} \times y_{ik} \quad (9)$$

$$TR = \sum_i \sum_k Z_{ik} \times y_{ik} \leq d \quad (10)$$

$$\sum_{i \in \omega} \sum_k y_{ik} = 1 \quad (11)$$

$$y_{ik} \in \{0, 1\} \quad (12)$$

ここに、 TC 、 TE 及び TR を計画全体の総費用[円/年]、発電出力[kW]及び埋処分量[トン/年]とし、 YT_{ik} 、 YA_{ik} 、 YB_i 、 P_{ik} 及び Z_{ik} は、広域ブロック i ($i=1 \sim 74$) で処理シナリオ k ($k=1 \sim 3$) が選択された場合の建設費、処理費、収集費[円/年]、発電出力[kW]及び発生する埋処分量[トン/年]、 d は埋処分量の削減目標レベル[トン/年]をそれぞれ表す。また、 y_{ik} は広域ブロック i でシナリオ k が選択される場合を「1」、選択しない場合を「0」とする 0-1 変数を表す、これらの組合せにおける重複を防ぐ論理的制約条件である (11) 式の ω は、各地区が属する広域ブロック i の集合を意味する。

(6) 式及び (7) 式は、 TC (総費用) 及び TE (発電出力) に関する線形メンバーシップ関数を表わしており、これらを図示すると図-4 のようになる。なお、 $TC_{\max}$ 及び $TC_{\min}$ は総費用の上限値及び下限値を、 $TE_{\max}$ は発電出力の上限値を各々表す。これらのメンバーシップ関数では、意思決定者が許容する TC 及び TE の上限値及び下限値を与えることにより、各々の関数値は 0 から 1 までの値に基準化され、計画代替案に対する望ましさの度合い (満足度) がこれによって表現される。線形メンバーシップ関数の上限値及び下限値の設定方法に関しては、複数の目的関数を同時に扱う場合、それぞれを単一目的とした個別問題の解を参考にして定める方法が Zimmermann⁷⁾ によって提案されている。本研究ではこの考え方に従って上限値及び下限値を設定することとし、実際の検討内容は 4. で詳しく述べる。(5) 式は、Bellman & Zadeh によるファジィ決定の理論を適用したものであり、対象になる計画問題の目的関数、並びに後述する多目的ファジィ G A モデルでの適合度関数となる。

(2) GA適用とファジィ決定プロセス

多目的ファジィ G A モデルの計算フローを図-5 に示す。モデルでは、広域ブロックに関する条件選択に加え、候

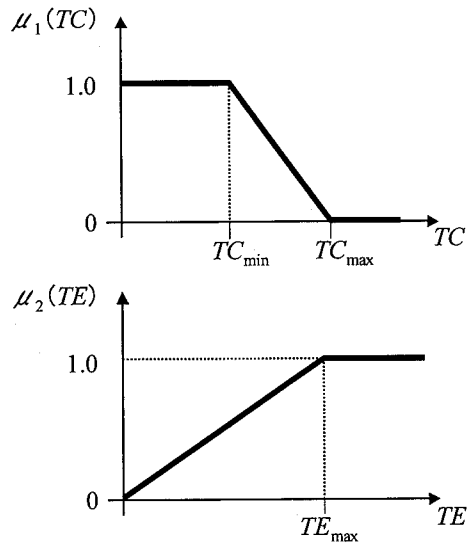


図-4 多目的ファジィ G A モデルで用いる線形メンバーシップ関数
(上：総費用 TC ，下：発電出力 TE)

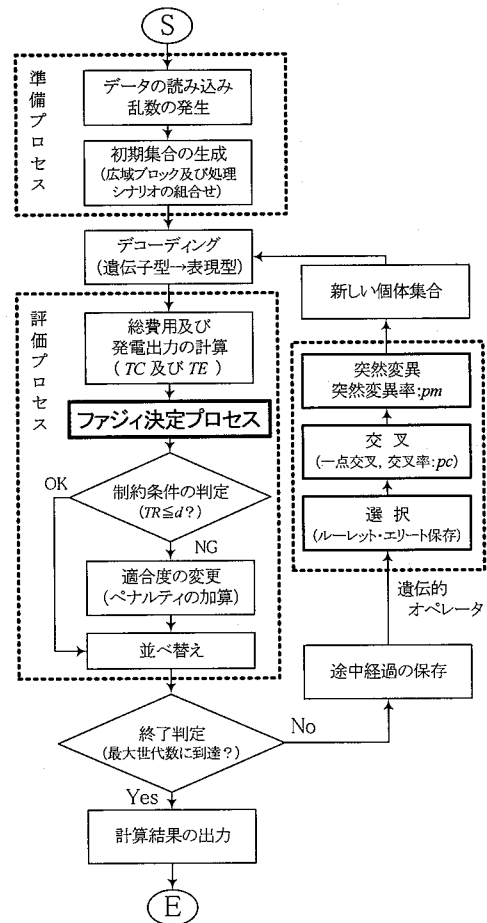


図-5 多目的ファジィ G A モデルの計算手順

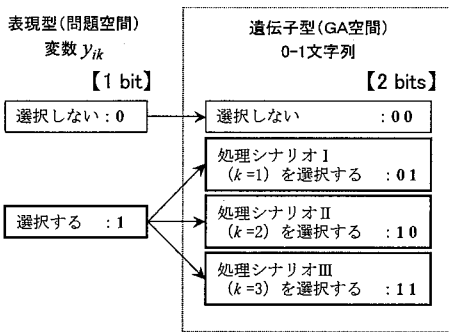


図-6 多目的ファジィGAモデルの遺伝子型表現

補に挙げた処理シナリオの内、どの処理シナリオを採用すべきかといった条件も同時に扱って行く。広域ブロック及び処理シナリオの組合せをGA空間で表現するため、図-6に示すような対応を考案した。すなわち、本研究では3つの処理シナリオを対象に扱う点から、同図に示す2ビットで表現することを考え、これを各GA個体の遺伝子座に割り当てる個体表現 ($74 \times 2 = 148$ ビットの遺伝子長)を採用した。

計算フロー内のファジィ決定プロセスは、異なる単位を持つ目的関数値 TC [円/年] 及び TE [kW] に対し、(6)式及び(7)式の線形メンバーシップ関数による基準化を行い、両者を比較して値の小さい μ_1 を判定するものである。このプロセスによって決定した一方の線形メンバーシップ関数値を、該当するGA個体の適合度 f_v として与え、この適合度を基準に各個体の優劣を評価しながら、より適合度の高い個体を遺伝的オペレータによって誕生させる仕組みになっている。これにより、どちらか一方の線形メンバーシップ関数値が大きいても、他方の値が極端に小さければ、結果的にその適合度は小さくなる作用が働くことになる。 μ_1 と μ_2 を1つの適合度として表現する方法には、両者の和や積を用いる場合も考えられるが、本モデルでは μ_1 の最小値を適合度とすることで、相異なる目的を互いに競い合わせる環境を与え、双方のバランスが取れたGA個体を高く評価するような構造になっている。

4. 最適化モデルの適用結果と考察

多目的ファジィGAモデルの適用に先立ち、線形メンバーシップ関数の上限値及び下限値を検討するため、2つの個別問題、すなわち①総費用 TC の最小化問題、及び②発電出力 TE の最大化問題を各々解くことにする。ただし、埋立処分量 TR に関する制約条件として $TR < 100$ [千トン/年] を設け、埋立処分量が最も多くなる場合 ($TR = 146$ [千トン/年]) に比べて3割ほど削減させるよう

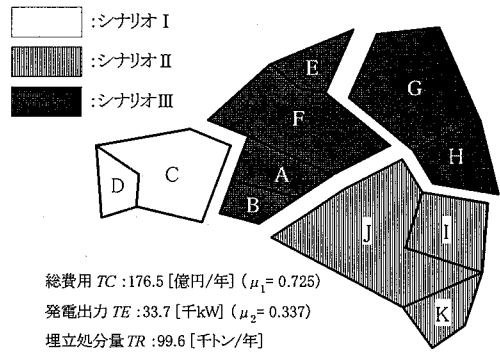


図-7 総費用の最小化を図った計画代替案

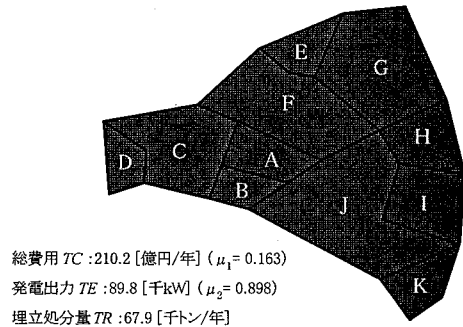


図-8 発電出力の最大化を図った計画代替案

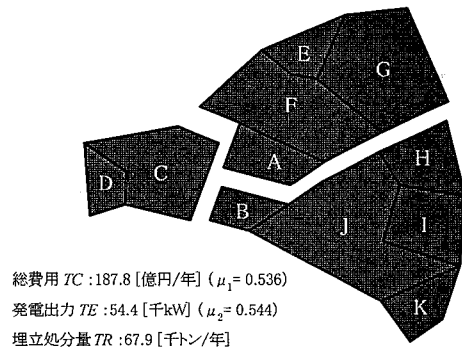


図-9 多目的最適化を図った計画代替案

な計画目標の下で計算を行った。それぞれの結果は、図-7及び図-8に示すとおりである。以上の単一目的での結果を踏まえ、多目的ファジィGAモデルに用いる線形メンバーシップ関数の上限値及び下限値は、 $TC_{\min}$: 個別問題① (総費用 TC の最小化) を解いて得られる総費用 [円/年]、 $TE_{\max}$ 及び $TC_{\max}$: 個別問題② (発電出力 TE の最大化) から求めた発電出力 [kW] 及び総費用 [円/年] を参考にし決定することにする。

$\{TC_{\max}, TC_{\min}\} = \{220, 160\}$ [億円/年]、 $TE_{\max} = 100$ [千kW] とし、多目的ファジィGAモデルの適用を試みる。GAパラメータについては過去の研究¹¹⁾を考慮して定め、個体数 $N=100$ 、最大世代数 $T=100,000$ 、交叉率 $pc=0.8$ 、突然

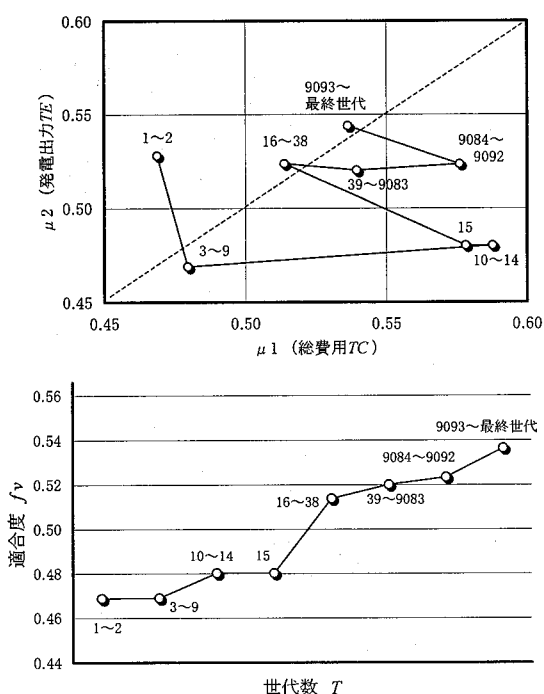


図-10 多目的ファジィGAモデルにおける解探索の状況
(上: μ_1 - μ_2 平面上の変遷, 下: 適合度 f_v の進捗状況)

変異率 $pm=0.05$ を用いた。用いる乱数のゆらぎに考慮するため、5種類の乱数パターンを与えて計算した結果、適合度 f_v の最も大きな多目的GA解 ($f_v=0.536$) として、図-9に示す計画代替案が得られた。この時の多目的ファジィGAモデルによる解探索の状況を確認するため、 μ_1 - μ_2 平面上の変遷、並びに適合度 f_v の進捗状況を図-10に示す。

図-7、図-8及び図-9の計画代替案を定量的に評価するため、それぞれの総費用TC及び発電出力TEを線形メンバーシップ関数値を用いて表わすと、各々の μ_1 及び μ_2 の関係は図-11のようになる。この図から、多目的ファジィGAモデルによって得られた解は、総費用TCの最小化と、発電出力TEの最大化という2つの異なる目標に対し、両者の中間的な計画内容になっていることが確認できる。

ここで、3つの計画代替案に関して、どのような広域ブロックと処理シナリオが選択されているのかを詳しく考察することにする。まず、総費用TCの最小化を目的とした代替案では、輸送効率の面で最も有利となる地区の組合せ⁵⁾となっていることがわかる。ただし、これら4つの広域ブロックで、全てシナリオIを選択するのが最も安価となり得るが、この計画内容では埋立処分量TRの制約条件を満たすことができない。このため、TC最小化の代替案では、ごみ排出量の多い地区J(対象地域で第1

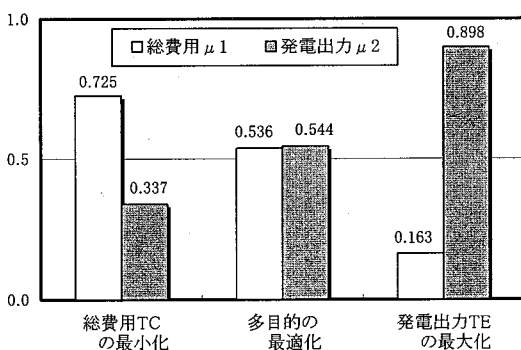


図-11 各代替案の線形メンバーシップ関数値

位: 138[千トン/年]), G (同2位: 86[千トン/年]), F (同3位: 75[千トン/年])を中核とした3つの広域ブロックで、上位シナリオの導入が図られている。すなわち、埋立処分量の削減に寄与するシナリオIIないしIIIの選択が必要となるが、TRの制約条件を満足する候補の中で、総費用の負担増が最も小さく抑えられる組合せとなっている。一方、発電出力TEの最大化を目的とした代替案では、対象地域にある11の構成地区を1つの広域ブロックに集約化させ、発電出力の面で最も有利となるシナリオIIIの導入を図り、検討候補の中で最も大規模な広域システムが示されている。

これら単一目的での結果に対し、経済性と環境性との両立を図る多目的最適化では、TC最小化の計画代替案で見られた4つの広域ブロックを3区域に再編し、広域化をさらに一段階推し進めるような枠組みに変更した上で、発電出力を高めるべく、全ての広域ブロックにおいてシナリオIIIの導入がなされていることがわかる。そして、選択された3つの広域ブロックの内、地区C及びDから構成される広域ブロックに着目すると、TC最小化の代替案で選択された中の1つであることから、他の広域ブロックが拡大されることで懸念される輸送効率の悪化を最小限に止めるような配慮が現れている。他方、これ以外の広域ブロックを見ると、TC最小化の代替案では、ごみ排出量の多い地区J、G及びFを中核とした広域ブロックが各々形成されていたのに対し、多目的最適化計画では、第2位の地区Gと第3位の地区Fを同一のブロックに含むような広域化が図られている。ごみ排出量の少ない広域ブロック(構成地区: C及びD)はそのまま維持し、ごみ発電に有利な規模を確保する目的から、ごみ排出量の多い地区を基軸にブロック割りの大幅な変更がなされた点を考えると、ごみ処理システムの広域化においては、ごみ排出量の多い地区がシステム全体の枠組みにより大きな影響力を有すると判断される。

5. おわりに

本研究では、都市ごみの広域的処理システムに関して、総費用の最小化と、ごみ発電出力の最大化を目的にした多目的最適化問題を考えた。以下に、本研究で得られた主要な成果について述べる。

- 1) 対象地域の広域ブロック (74 種類) 及び処理シナリオ (3 種類) を設定するとともに、経済性に関する評価指標として、建設費、処理費及び収集費の合計を総費用 [円/年] と定義し、それぞれの費用関数を示した。一方、環境性の評価指標では、未利用エネルギーを活用するごみ発電に着目し、全国の実績データを参考に、ガス化熔融施設とそれ以外の施設との発電出力 [kW] を推定する回帰式を作成した。
- 2) 総費用 TC の最小化と、発電出力 TE の最大化を同時に扱う「多目的ファジィ G A モデル」を提案した。このモデルの特徴は、異なる 2 つの目標を基準化・評価するため、線形メンバーシップ関数及びファジィ決定の理論を導入する点である。
- 3) ケーススタディを行った結果、多目的ファジィ G A モデルによる解は、2 つの個別最適化問題 (①総費用 TC の最小化問題、②発電出力 TE の最大化問題) を解いた時に得られる各々の計画代替案に対し、両者の中間的な内容に位置付けられることが確認された。すなわち、経済性の観点から、ごみ輸送効率を極端に悪化させない程度に広域化を図りつつ、発電効率の面で有利な規模を確保するような広域システムがモデルによって示された。

本研究では、工学的な視点からごみ処理システムの最適性を展開したが、実際の広域化における最終結論は、政治・社会的な判断に大きく依存すると言える。現実の意思決定の場面において、提案した計画手法をどのように援用させるかについては、公平性や社会的受容性といった別次元の評価軸との対応も含め、今後の検討すべき課題である。また、実際の適用に際しては、評価指標に関する最新情報の取得に努め、技術進歩に伴って変化するコストや環境性能を的確に評価する必要がある。ごみ処理システムに対する要求が多様化する現在、最適なシステムの構築が困難さを増す一方であるが、本研究で提

案した最適化モデルを用いることで、幅広い可能性の中から適切な計画代替案を見出すことができるものと考えらる。

謝辞：本研究の一部は首都大学東京傾斜的研究費の助成により行われたものである。

参考文献

- 1) 田中信壽：循環型社会における廃棄物処理の姿を議論しよう、廃棄物学会誌, Vol. 16, No. 1, pp. 1-2, 2005
- 2) 中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会：循環型社会の形成に向けた市町村による一般廃棄物処理の在り方について (意見具申), 2005, <http://www.env.go.jp/council/toshin/t030-h1609/mat01.pdf>
- 3) 荒井康裕, 稲員とよの, 小泉明：ごみ処理システムの広域化計画に関する最適化モデル分析, 環境システム研究論文集, Vol. 31, pp. 267-276, 2003
- 4) 北海道大学大学院：都市ごみの総合管理を支援する評価計算システムの開発に関する研究, 同工学研究科廃棄物資源工学講座廃棄物処理工学分野 (1998)
- 5) 荒井康裕, 稲員とよの, 小泉明：都市ごみの広域処理に関する最適化分析—東京都多摩地域のケーススタディー, 総合都市研究, 第 82 号, pp. 5-17, 2003
- 6) 環境技術情報ネットワーク・ライブラリ：ごみ焼却処理法の最新技術について, http://e-tech.eic.or.jp/libra/lib_17/lib17_1.html
- 7) Zimmermann, H. J., Fuzzy programming and linear programming with several objective functions, Fuzzy Sets and Systems, 1, pp. 45-55, 1978
- 8) Bellman, R. E. and Zadeh, L. A., Decision making in a fuzzy environment, Management Science, 17, pp. 141-164, 1970
- 9) 荒井康裕, 小泉明, 稲員とよの, 前田雅史：遺伝的アルゴリズムによる静脈物流の最適化計画に関する研究—家電リサイクルにおける回収システムを対象として—, 環境システム研究論文集, Vol. 32, pp. 225-233, 2004
- 10) 小泉明, 稲員とよの, 荒井康裕, 吉井恭一郎：多目的 H G A モデルによる配水管網システムの最適化, 環境システム研究論文集, Vol. 33, pp. 335-341, 2005
- 11) 荒井康裕, 稲員とよの, 小泉明：ごみ広域処理の地区集約における組合せ最適化問題への G A 適用と改良, 第 15 回廃棄物学会研究発表会講演論文集 I, pp. 293-295, 2004

STUDY ON MULTIPURPOSE OPTIMIZATION OF AREA-WIDE TREATMENT SYSTEM OF MUNICIPAL SOLID WASTE

Yasuhiro ARAI, Akira KOIZUMI, Toyono INAKAZU and Naruomi NISHIDE

The purpose of this study is to show the optimum planning of an area-wide treatment system for municipal solid waste. We analyzed the optimal scale on area integration and the most suitable combination of waste treatment scenarios at each of the integrated areas. Firstly, we considered indexes of economical and environmental efficiency in order to design the system taking account its multipurpose optimization. Furthermore, this paper described a formulation of multipurpose fuzzy IP (Integer Programming), which was expressed by the linear membership functions and the fuzzy decision, and proposed a method using GA (Genetic Algorithm) to find the optimal solution to the fuzzy IP problem. Finally, we conducted a case study in order to show the validity of our solution method. As a result, it was revealed that our model building and solution were useful for striking a happy medium in the area-wide waste treatment planning.