

マテリアルリサイクルを組み込んだ京都市 一般廃棄物処理システム整備プロジェクト に関する計画論的研究

立命館大学 正会員 春名 攻^{*1}
立命館大学大学院 学生員 山本 康史^{*2}
立命館大学大学院 学生員 ○大友 智^{*2}

By Mamoru HARUNA^{*1}, Yasushi YAMAMOTO^{*2} and Satoshi OTOMO^{*2}

わが国における大量生産、大量消費型の経済社会は、多種多様な廃棄物を大量に、そして継続的に排出するという構造をつくりあげてしまった。その結果、廃棄物の焼却・減容処理によるダイオキシン類等有害物質の発生や、最終処分場の逼迫といった我々の健康と自然環境に悪影響を与える問題に加え、資源の枯渇化という問題もあいまって、地球規模の環境問題へと発展している。そして、廃棄物に関する諸問題は現在の社会システムの複雑化に伴い、質的、量的により多面的な問題を形成することとなった。

特に、一般廃棄物（家庭系）の処理義務を負う地方自治体の廃棄物処理事業経緯をみると、率先的にリサイクル型の一般廃棄物処理システムを導入したにもかかわらず、処理経費の高騰や再生材流通ルートの確保難等の原因でリサイクル処理事業自体を断念したという失敗例が少なくない。地方自治体においては今後ますます財政逼迫が叫ばれ、効率的・効果的処理システムや施策の選択が困難になって来るであろうと予想される。

本研究では地域計画学・システム工学視点から、廃棄物・リサイクル問題に対し総合的な観点から効率的・効果的システム整備・施設建設プロジェクト構想の議論を行った。最後に、本研究で提案した計画論を京都市一般廃棄物処理システム整備構想問題に適用し実証的検討を行い、システム整備・施設建設構想計画の設計と建設・整備プロジェクトの実現可能性と最適性を計画論的な観点から具体的に追求した。

【キーワード】 環境問題、一般廃棄物、リサイクル

1. はじめに

現在の社会の動向に注目すると、リサイクル関連法案による廃棄物の分別排出・回収・処理に関する主体や義務、責任の明確化、それに伴う廃棄物処理・リサイクルに関する新産業の創出と関連企業の進出等の影響から、ますます循環型経済社会への進展がうかがえる。しかしその反面、廃棄物処理システムにおける各主体間や処理形態の複雑化等により、効

率的・効果的処理システムや施策の選択が困難であることも現状である。現在の廃棄物問題は多岐にわたり、複雑化しているため、今まで以上の廃棄物の計画的処理、減量化・リサイクルのための行動指針、情報管理システムの整備や清掃事業経営の適正化、環境保全対策としてのリスク管理などが重要なポイントとなってくる。

本研究では、多様化する一般廃棄物処理問題に対して、総合的なマテリアルリサイクルシステム体制確立の概念を整理した。そこでは、まず科学

^{*1} 立命館大学理工学部環境システム工学科

^{*2} 立命館大学理工学研究科環境社会工学専攻

的議論にシステムズアプローチの方法を用いて一般廃棄物処理計画のシステム化を検討した。更に、マテリアルリサイクルシステム体制確立の方向性と実現化の検討を行いその具体化内容を構想した。次いで、汎用性のある一般廃棄物処理システム機能構成や、京都市域における機能種類・規模・配置など整備計画変数に関して考察し、合目的整備のための数理計画モデルを構築した。最後に、京都市を対象とする実証的検討を行い、「効率的・効果的な京都市一般廃棄物処理システム整備」の実現可能性を可能な限り具体的に追求した。

2. システムズアプローチによる計画策定

計画化のシステムズアプローチでは、まず、計画を実行の動機（改善・理想を達成する意思）から始め、この動機から理想（目標）を導き、その目標の背景となる現状の把握を行う。次に目標と現状との間の GAP の原因を調べ、問題点を抽出する。そして、問題点の相互関係を整理し、具体的に解くべき問題として問題を構造化（問題の明確化）するとともに、解くべき問題の範囲（境界）を決め、解くべき問題の目的、前提条件を定式化したり、目的を達成するための手段を検討しモデル分析を行う。最後に目標が実際に達成できるかどうかの総合的評価を行う。

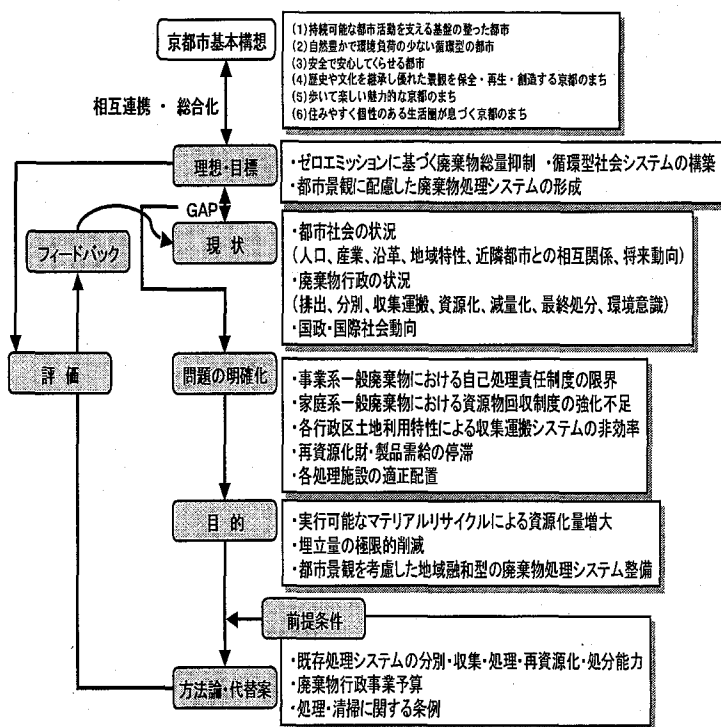


図-1 本研究におけるシステムズアプローチ

このような形で、計画要素を整理していくメリットは、①計画手順が明確になる。②計画の信頼性を向上させる。③計画を標準化させることが出来ることである。システムズアプローチ適用事例を図-1に示すこととする。

3. 整備計画モデルの定式化

本研究では、一般廃棄物排出量推計モデル、一般廃棄物収集運搬計画モデル、一般廃棄物処理施設整備計画モデルを組み合わせたモデルを構築した。いずれのモデルもそれぞれ入力・出力についての関連性を持っており、排出量推計モデルにより算出された排出量は、収集運搬モデルへの入力・与件情報となり、収集運搬モデルにより算出した最適収集運搬コストは後の施設整備モデルへの入力・与件情報となるモデル間構造である。これら一連のモデルを連結させることで、一般廃棄物処理システム整備計画について、より総合的なレベルで検討を加えることが可能になったと考える。以下に定式化の具体的内容を示す。

$$Y_i = a_{i_house} x_{i_house} + a_{i_amount} x_{i_amount} + a_{i_time} x_{i_time} + a_{i_flat} x_{i_flat} + a_{i_quantity} x_{i_quantity} + a_{i_classify} x_{i_classify} + a_{i_enlighten} x_{i_enlighten} + c_i$$

Y_i : 廃棄物 i 排出予測量(t/年)
 x_{i_house} : 1~4人世帯数(世帯数)
 x_{i_amount} : 廃棄物 i に対する従量制手数料制度の有無(0-1)
 x_{i_time} : 廃棄物 i に対する回数制手数料制度の有無(0-1)
 x_{i_flat} : 廃棄物 i に対する定額制手数料制度の有無(0-1)
 $x_{i_quantity}$: 廃棄物 i に対する多量時手数料制度の有無(0-1)
 $x_{i_classify}$: 指定分別数
 $x_{i_enlighten}$: 啓蒙活動予算原単位(円/人)
 c_i : 定常項

図-2 一般廃棄物排出量推計モデルの定式化 (家庭系)

$$Y_i = a_{i_industry_1} x_{i_industry_1} + a_{i_industry_2} x_{i_industry_2} + a_{i_industry_3} x_{i_industry_3} + c_i$$

Y_i : 廃棄物 i 排出予測量(t/年)
 $x_{i_industry_1}$: 第1次産業就業人口(人)
 $x_{i_industry_2}$: 第2次産業就業人口(人)
 $x_{i_industry_3}$: 第3次産業就業人口(人)
 c_i : 定常項

図-3 一般廃棄物排出量推計モデルの定式化(事業系)

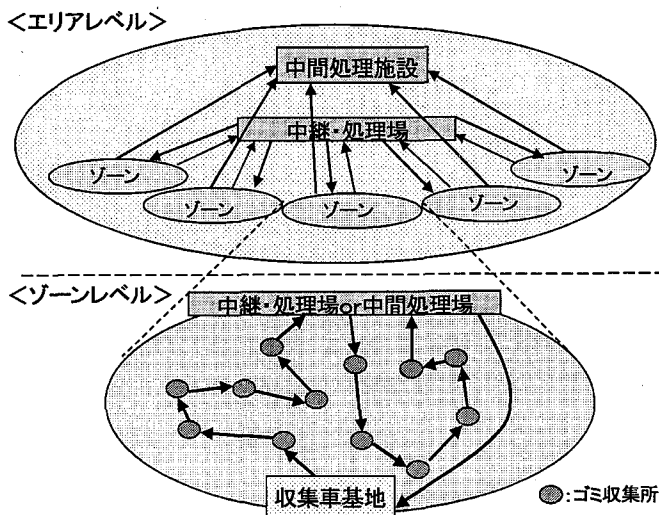


図-4 収集・運搬計画モデルの概要図

目的関数

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} C_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min$$

制約条件

$$\sum_{i \in I} x_{ii} = 1 \quad \forall i \in I_z$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in I_z$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} x_{ij} \geq 1$$

$$\forall V \subset I, (V \neq \phi, V \neq I_z)$$

$$x_{ii} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in I_z$$

$$\sum_{i \in I} w_i' \leq w_n' \quad \sum_{i \in I} C_{ii} / 20 \leq 8$$

図-5 収集・運搬計画モデル

目的関数

$$\min y_b^+ + y_b^-$$

$$\min y_r^+ + y_r^-$$

$$\min y_f^+ + y_f^-$$

制約条件

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^l (280 a_{ik} x_{ik}) - y_b^+ + y_b^- = B \cdots (1)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^l (280 b_{ik} x_{ik}) - y_r^+ + y_r^- = R \cdots (2)$$

$$M - C - y_f^+ + y_f^- = F \cdots (3)$$

$$y_b^+ \cdot y_b^- = 0, \quad y_r^+ \cdot y_r^- = 0, \quad y_f^+ \cdot y_f^- = 0,$$

$$y_b^+, y_b^-, y_r^+, y_r^-, y_f^+, y_f^- \geq 0 \quad 280 x_{ik} \geq W_{ik}$$

y_b^+, y_b^-, B : 埋立目標超過、不足量、目標値(t/年)

y_r^+, y_r^-, R : 資源化目標超過、不足量、目標値(t/年)

y_f^+, y_f^-, F : システム収支目標超過、不足量、目標値(円/年)

x_{ik} : 廃棄物 i に対する各処理施設 k の処理能力(t/日)

W_{ik} : 廃棄物 i の各処理施設 k への年間搬入量(t/年)
(排出量推計モデル、収集運搬モデルより与件)

式(1)に関して

a_{ik} : 各廃棄物 i に対応する施設 k における埋立処理移行率(百分率) (処理残滓)

式(2)に関して

b_{ik} : 各廃棄物 i に対応する施設 k における資源化材移行率(百分率) (資源物)

式(3)に関して

$$M = M_{fun_t} + M_{rec_t} + M_{cha_t} + M_{sup_t}$$

M_{fun_t} : T期における一般廃棄物処理財源(円/年) (与件)

M_{rec_t} : T期における再生品売却収入(円/年)

M_{cha_t} : T期における一般廃棄物処理手数料収入(円/年)

M_{sup_t} : T期における一般廃棄物処理補助金、助成金(円/年) (与件)

$$M_{rec_t} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^l (280 \cdot b_{ik} \cdot \chi_{ik} \cdot c_{ij} \cdot d_{ij})$$

c_{ij} : 各廃棄物 i における資源化材 j の組成率(百分率) (与件)

d_{ij} : 各廃棄物 i における資源化材 j の売却単価(円/t) (与件)

$$C = C_{con_t} + C_{run_t} + C_{rep_t} + C_{car_t}$$

C_{con_t} : t期における処理施設建設償還費(円/年)

C_{run_t} : t期における処理施設運営費(円/年)

C_{rep_t} : t期における処理施設修繕費(円/年)

C_{car_t} : t期における収集運搬費(円/年)

$$C_{con_t} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^l (e_{ik} x_{ik} \cdot ((1+K)^T \cdot K) / ((1+K)^T - 1))$$

e_{ij} : 処理施設 k の建設単価(円/t)

T, K : 建設費償却完了年数、償却利率

$$C_{run_t} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^l f_{ik} x_{ik}$$

f_{ij} : 処理施設 k の施設運営原単位(円/t)

$$C_{rep_t} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^l g_{ik} x_{ik}$$

g_{ij} : 処理施設 k の施設修繕原単位(円/t)

図-6 一般廃棄物処理施設整備計画モデル

4. 京都市一般廃棄物処理システム整備に関する 実証的検討

構築した数理計画モデルを用いて、マテリアルリサイクルシステム体制の汎用性・効率性・効果について実証的分析を行った。ここでは紙面の都合、京都市における一般廃棄物処理施設整備計画モデル結果は割愛し発表時に述べる事とする。

5. おわりに

時間の都合上あまり議論が出来なかったが、本研究において構想した広域的な階層レベルを持つマテリアルリサイクルシステム体制は、廃棄物処理基本理念として、今後の一般廃棄物処理行政と一般廃棄物処理体制を検討する上で、理想的な概念であると言える。今回は、限られた時間の下で、総合・分析論という視点からこの複雑な問題に対しシステムズ

アプローチを行いいくつかの有効な要素や課題を発見して、廃棄物処理システムのなかに取り込んで捉えて議論をした。そして、目標設定から代替案提案までの一連の流れの中に、廃棄物処理計画総合化の重要性と有効性を計画論的に示すことが出来たと考える。

【参考文献】

- 1) 廃棄物学会編：廃棄物ハンドブック (財) クリーン・ジャパン・センター：循環型社会キーワード 2002. 1
- 2) 元田鉄也共著：廃棄物処理・リサイクルの実務計算、オーム社出版 2002. 5
- 3) 上田和弘：廃棄物とリサイクルの経済学、有斐閣 1992

A Planning Methodological Study on the Construction Project of New Processing System for General Wastes in Kyoto-city by Introduction of Material Recycling System

By Mamoru HARUNA*¹, Yasushi YAMAMOTO*² and Satoshi OTOMO*²

The remarkable development of economic activities in our country has made up in our society such characteristic structure that amount of products consumed by people has increased very much almost all over every types of product which are produced in mass-production systems. This structure has realized serious environmental problems relating with such various toxic substances form incinerating of wastes in the processing facility as a kind of dioxin. Furthermore the shortage of suitable area and money for the final disposal process of the waste processing system has been generalized to many local cities. Since the frugality of consumption of limited resources has been considered very important as well as the preservation of environment form the destruction in earth scale level. As stated above the problem for location and construction of processing system facilities for general wastes becomes more complex both in qualitative aspect and in quantitative aspect than the problem at present social system.

Only a few attempts for introducing the recycle system with segregated disposal for waste processing and its industrialization have come out well because of low cost efficiency in treatment system of recycle materials and difficulty to establish systems for making sure of stable demand of reproduce products made form recycling materials.

In this research various analyses and discussions from a integrated viewpoint of waste disposal and the recycling system establishment relating with regional planning problem and planning methodology based on system engineering approach. Finally a verification study on construction project of new processing system for general wastes in Kyoto-city is discussed and proposed with considerations on its feasibility and optimality from the planning methodological viewpoints.