

廃棄物収集処理システムの定式化と同時最適化に関する一考察
Formulation and Total Optimization for Waste Collection and Treatment Systems

福里 豊 (Yutaka FUKUSATO)

論文要旨：近年、一般廃棄物管理システムが処理と資源化を含めた総合的システムとして位置付けられるようになり、選択可能な多数の処理・資源化のサブシステムの中から地域にあう最適なシステムを見つけ出すことが難しくなっている。また、分別・収集は処理と資源化に直接関係していることから、総合システムと同時に考えてゆかねばならない。本研究では、環境影響とエネルギー消費を指標として、処理・資源化と分別・収集を同時に最適化する方法論について提案するとともに、京都市についてそのケーススタディを行った。まず、システムの最適解を得るために、廃棄物の収集・処理・資源化を、物質輸送と変換プロセスとみなして定式化した。次に、想定する処理系列に対して、地域の廃棄物の発生条件および処理施設の立地条件から最適収集ルートを求め、処理と収集の環境影響を LCA を用いて評価し、さらにインベントリ分析で地球環境への影響度の算出し、それらの指標値をもとに最適なシステムについて考察した。

キーワード：同時最適化、グリッドシティモデル、都市ごみ廃棄物、廃棄物収集処理システム、ライフサイクルインベントリ分析、ライフサイクルアセスメント、遺伝的アルゴリズム

Abstract: The treatments for municipal solid waste (MSW) have become so complex and diverse that it is difficult to select an appropriate method. This paper proposes a unified formulation for MSW treatments using vectors and matrices. The methodology for the evaluation of MSW includes both collection and treatment modeling components. The MSW systems are considered to be the substance flow, transportation and conversion processes.

The collection part searches the optimize collection considering the regional conditions such as the distribution of waste generation and the location of facilities. The treatment part finds the proper combination of facilities and treatments. A number of alternatives were evaluated and investigated using the method of Life Cycle Assessment (LCA) and the global effects were calculated using the quantitative environmental load and weighting factors by Life Cycle Inventory. The case study in the city of Kyoto is included as a demonstration.

Key words: total optimization, Grid City Model, municipal solid waste, systems for collections and treatments, Life Cycle Inventory, Life Cycle Assessment, Genetic Algorithm

1. はじめに

本研究では廃棄物の流れを明確に表現し、その上で指標を用いた廃棄物処理システムの最適化計算を行うことを目的とする。

廃棄物の流れを明確に表現するにあたり、行列およびベクトルを用いた統一的な廃棄物処理過程を廃棄物の収集過程と中間処理過程の2段階に大きく分類することで、廃棄物の収集、処理・再資源化を一般の物質の輸送および変換プロセスと同等ととらえ、簡単な行列、ベクトルで表現する。

さらに、作成したモデルの適用例として、京都市を適用例としたケーススタディとした。

2. 廃棄物処理方程式

図1に示したように、地域から排出されるごみ量を m_1 、ある施設から出力後、他の施設の入力となる物質量を m_2 (例、資源化施設での可燃残渣) 処理する際に必要な用役量を m_3 、環境システムへの排出量(例、最終処分物質)を m_4 、再生品量を m_5 とすると、中間処理施設への入力、出力はそれぞれ、

入力： $m_1+m_2+m_3$

出力： $m_2+m_4+m_5$

とあらわせるので、物質収支を考えると、

$$m_1 + m_3 = m_4 + m_5$$

となる。ただし、単位はすべて重量とする。

収集行列では、地域を適当な数に分割し、清掃工場への輸送先を決定する行列を用いて、最適輸送を決定する。

処理行列はサブシステムの出入力を元に決定し、組み合わせることで処理全体の行列を決定する。図2に計算フローを示す。

3. 評価

作成された収集、処理の行列を組み合わせることで、廃棄物処理の統合的なモデルの作成を行い、作成したモデルを評価する評価行列を作成した。インベントリ分析により定量化した環境負荷量と、重み付け係数を用いて地球環境と関連付けて、地球環境に与える影響度の算出を行ない、最適な収集・処理システムを構築するための検討をおこなう。

廃棄物処理と収集の両方の最適化を考えることにした。収集の最適化には、遺伝的アルゴリズム(GA.)を用いて、確率的探索をおこない、処理の最適化には、個々のシステムにおける物質の入出力関係を明らかにし、それを積み上げることで、廃棄物処理システム全体の出入力関係を明確化させ、最適化をおこなった。処理は、施設ごとの用役を含めた出入力項目を積み上げ、以下に示す評価により最適案を提示する。

指標となる環境負荷物質としては、ダイオキシン類などの有機化学物質や、HCl、SO_x、NO_xなどの大気汚染物質などを選択し、地域大気汚染や有害化学物質汚染などの6種類の環境問題とその重要度の重み付けから統一指標を作成し、この指標を用いて京都市の廃棄物処理システムの最適化に適用した。

18種類の代替案を想定した中では、分別数2種類(一般、資源)可燃ごみ処理に直接溶融を行なう方法が最適であるという結果を得た。また、再生品の環境負荷排出低減を考慮した場合、分別数3(可燃、不燃、資源)可燃ごみ処理に直接溶融を行う方法が最適であると計算された。

4. さいごに

より広範・正確でより一般的なデータを用いた評価が今後必要となる。

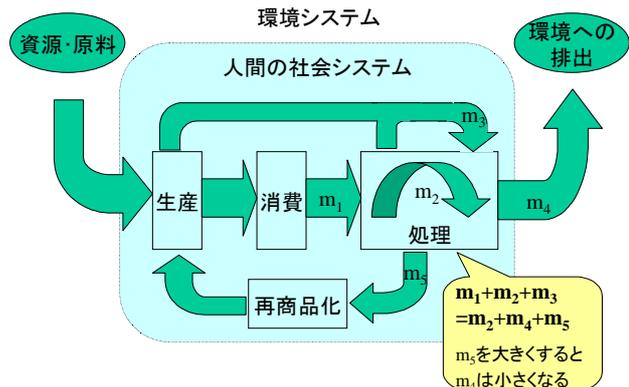


図1 人間の社会システムと環境システムとの関わり

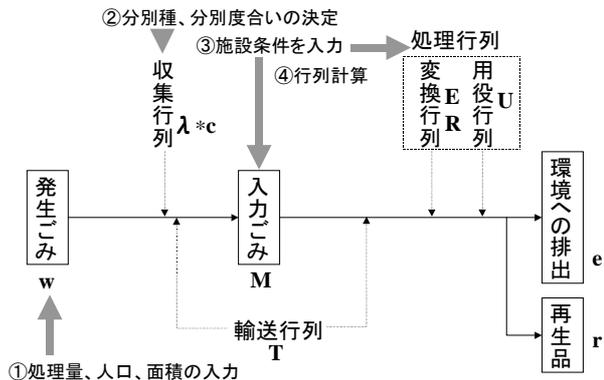


図2 本モデルの計算フロー

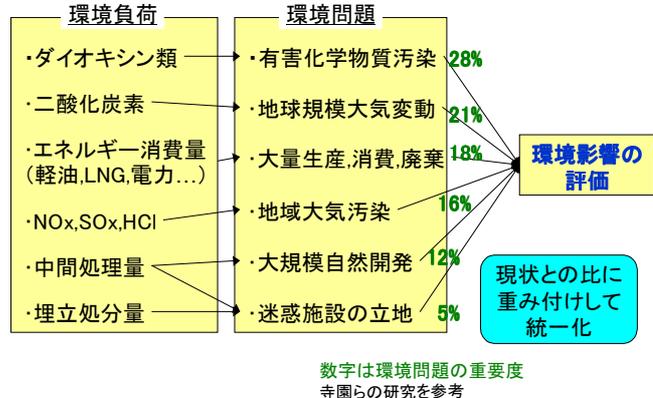


図3 インパクト分析手法

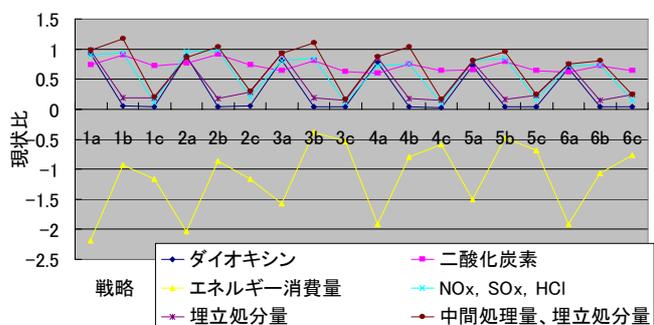


図4 環境負荷物質の現状比