

1. はじめに

都市ごみの適正処理を推進する上で、あるいは中小都市においては焼却熱エネルギーの利用効率を高めるための一方策として、広域処理を行うことが検討されている。また、処理処分に伴う二次公害対策として、あるいは、資源化、減量化をはかる意味から、分別収集の徹底がはかられるようになってきた。このように、広域処理とか分別が多様化するとそれらに対応する収集体制も必要となり、収集コストの上昇が懸念される。

ここでは、以上のような背景をもとに、分別体制および収集体制をいくつかのケースに分類し、収集輸送を含めた処理コストをトータルに見て最少にする数学モデルを考えた。適正処理をする条件を満足させながら、トータルコストを最少にする分別形態、収集システム、処理、処分形態が選択できるはずである。本研究の目的は、最適の収集輸送方式の選定、ひいては最適の廃棄物処理システムの選定の為の数学モデルを作成し、それを実際に使うためのコンピューターの利用による意志決定支援プログラムを作成することである。

2. 収集輸送方式の選定に関する数学モデル

まず一般的なケースで、複数の収集地点 (ℓ カ所) から複数の最終処分場 (n カ所) までの間に複数の中間処理施設 (中継基地を含む、 m カ所) があり、しかも中間処理施設が複数直列に入りうる場合を考える。中間施設 j から他の施設 k に輸送される量を $x_{\ell+j, k}$ とすれば二次輸送以後の輸送コストを含む目的関数、および制約条件は次式で示される。

$$\text{Min} \sum_{i=1}^{\ell} \sum_{j=1}^{m+n} c_{ij} \cdot x_{ij} + \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{m+n} c_{\ell+j, k} \cdot x_{\ell+j, k} + \sum_{j=1}^{m+n} a_j \cdot y_j + \sum_{i=1}^{\ell+m} \sum_{j=1}^{m+n} b_j \cdot x_{ij} \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^{m+n} x_{ij} = q_i \quad (i=1, 2, 3, \dots, \ell) \quad (2) \quad \sum_{i=1}^{\ell+m} x_{ij} \leq M_j \cdot y_j \quad (j=1, 2, 3, \dots, m+n) \quad (3)$$

$$\alpha_j \cdot \sum_{i=1}^{\ell+m} x_{ij} = \sum_{k=1}^{m+n} x_{\ell+j, k} \quad (j=1, 2, 3, \dots, m) \quad (4)$$

$$y_j = 1 \quad \text{if} \quad \sum_{i=1}^{\ell+m} x_{ij} > 0; \quad y_j = 0 \quad \text{if} \quad \sum_{i=1}^{\ell+m} x_{ij} \leq 0 \quad (j=1, 2, 3, \dots, m+n) \quad (5)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (i=1, 2, 3, \dots, \ell+m; j=1, 2, 3, \dots, m+n) \quad (6)$$

但し、 x_{ij} : 地点 i から施設 j への輸送量 (t/日)

($i=1, 2, \dots, \ell+m$; $j=1, 2, \dots, m+n$; j は 1 から m までの中間施設や中継基地で、 $m+1$ から $m+n$ までは最終処分地を意味する。)

c_{ij} : 地点 i から施設 j への輸送コスト (円/t)

($i=1, 2, \dots, \ell, \ell+1, \dots, \ell+m$; $i=\ell+1$ 以後は中間処理施設を意味する。)

a_j : 施設 j に関する固定費用 (処理対象量によらない費用) (円/日)

b_j : 施設 j の処理量による変動費用 (円/t)

q_i : 収集区域 i の発生量 (t/日)

M_j : 施設 j の取扱能力 (t/日)

α_j : 中間施設 j ($j=1, 2, \dots, m$) の減容化率すなわち j に搬入される廃棄物量に対する排出輸送対象量

次に、発生源から色々なタイプの廃棄物が発生し、分別収集されたそれぞれの廃棄物により、処理される条件及び中間処理後の特性が異なる、より一般的なモデルを考えてみよう。

このケースの目的関数はそれぞれの分別ごみ毎の前述の目的関数の和となる。ただし、施設については、ある種のごみは特定の施設にしか搬入されず、また施設により、いくつかのタイプのごみを受け入れることができる。また制設条件としては式(2)に対応して各分別ごみのタイプ毎の収集対象量が決まってくるし、発生源での物質回収の効果がここに入る。また式(3)に対応して分別ごみ毎の搬入量の和が処理施設の能力以下であること。式(4)では分別ごみ毎に α_j は異なることになる。

3. 収集輸送方式の選定への線形計画法の適用例

不燃ごみ、焼却不適ごみ

表1. 収集輸送方式選定プログラム(COL/TRAN)入力例

の収集輸送方式選定についての数学モデルを使って、実際の問題を解く、パソコン(沖電気if800-30)用のコンピュータプログラムを作成した。そして一つの事例として、5個所の収集地点から1個所の最終処分場へ、ごみを輸送する場合を考えた。入力データとしては、発生地点の場所、そこからの発生量、中継基地の場所とその処理能力、最終処分場の場所、収集車両の積載能力、収集班の編成、

ハッセイ	チテン	W-Eイチ (km)	N-Sイチ (km)	ハッセイリョウ (ton/day)
No. (1)	3. 3		15. 6	74. 9
No. (2)	8. 5		15. 3	86. 9
No. (3)	7		12. 9	83. 7
No. (4)	9. 5		9	64
No. (5)	10. 5		13. 3	115. 4

チュウケイ	キチ	W-Eイチ (km)	N-Sイチ (km)	ショリノウリョク (ton/day)
No. (1)	9. 3		14. 5	500
No. (2)	9. 6		9	500

サイシュウ	ショブンジョウ	ノ	イチ	N-Sイチ (km)
	W-Eイチ (km)			0
	24			
シュウシュウ	シャリョウ	1ダイ	ノ	セキサイリョウ : 1. 2 (ton/trip)
シュウシュウ	シャリョウ	1ダイ	ノ	サギョウイン : 4 (person)
シュウシュウ	シャリョウ	カリアゲ	コスト	: 30000 (yen/truck/day)
サギョウイン	ノ	ジンケンヒ		: 15000 (yen/person/day)
シュウシュウ	シャリョウ	ヘイキン	ソクド	: 15 (km/hr)
シュウシュウ	コウリツ			: 1 (ton/hr)
チュウケイ	キチ	ノ	ウンテン	ヒョウ : 1500 (yen/ton)
トラック	ノ	セキサイリョウ		: 8 (ton)
トラック	ノ	カリアゲ	コスト	: 50000 (yen/truck/day)
トラック	ノ	ヘイキン	ウンコウ	ソクド : 30 (km/hr)

収集車両借り上げ料、人件費、収集車両の走行速度、収集効率、中継基地の運搬費、中継輸送車の積載量と借り上げ料、輸送車の走行速度である(表1参照)。

出力データは、発生地点と施設のレイアウト、各中継基地への搬入量、最適輸送システム選択時のトータルコストである(表2参照)。この事例での最適輸送計画は、発生地点1, 2, 3, 5からの廃棄物は中継基地1を経由して埋め立て地に運び、発生地点4からの廃棄物は、中継基地2を経由して埋め立て地に運ぶのが最適であることがわかる。この場合の1日当たりの収集輸送コストは、1082万円である。このようにいくつかの事例について入力して、出力されたデータが妥当であることが確認された。

表2. 出力例

OPTIMUM SOLUTION
X(1, 1) = 74.9
X(2, 1) = 86.9
X(3, 1) = 83.7
X(4, 2) = 64.
X(5, 1) = 115.4
X(7, 3) = 139.1
X(8, 1) = 436.
OBJECTIVE FUNCTION
W = 1.08257E+07

4. おわりに

都市ごみ処理費の大部分を占める収集輸送費の低減化をはかり、収集車両による交通障害、環境汚染を少なくすることを目的に、中継輸送方式の導入を検討する自治体が増えてきた。本研究は、中継輸送方式導入等の時の意志決定に参考になる、コンピュータ支援プログラムを作ることを目的とする。そのために最適な収集輸送システムの選定、ひいては中間処理、最終処分のサブシステムを含む最適な廃棄物処理システムの選定を目的とした数学モデルを作成し、それを実際に使う為のコンピュータの利用による意志決定支援プログラムを作成した。中継輸送方式導入問題については、このプログラムが、都市ごみ処理システムの最適化に、計画策定支援プログラムとして、また教育、訓練用にも活用出来るものと思われる。

なお、本研究は昭和58年度の厚生科学研究補助金(厚生行政科学研究事業)及び科学研究費補助金(総合研究[A]一課題番号57350035)により行った研究成果の一部である。またここで使ったコンピュータ、プログラムは本院研究課程の上田晃輔君によるものである。ここに明記し、関係者に感謝する。