

京都大学工学部 正員 ○平岡 正勝
 京都大学工学部 正員 内藤 正明
 京都大学工学部 正員 内藤美紀子

1. はじめに

ごみ戦争という言葉に象徴されるように、廃棄物処理の問題は一つの社会問題となっている。「廃棄物処理及び清掃に関する法律」では、事業活動に伴って生ずる廃棄物のうち、燃えがら、汚でい、廃油、廃酸、廃アルカリ、廃プラスチック類その他政令で定める廃棄物を産業廃棄物といい、産業廃棄物以外の廃棄物を一般廃棄物と定義し、一般廃棄物の収集、処理、処分は都市清掃事業で行い、産業廃棄物処理の責任は事業者にあることを明確にしている。家庭系から排出されるごみを主体とした一般廃棄物も排出責任であることには変わりなく、その処理責任を市町村民税の支払いによって委託していることになっている。

いずれにしても、廃棄物は大気汚染物質、水質汚濁物質と違って拡散をしないため、いったん環境に投棄された後は、人為的、計画的な処理と処分が行なわれない限り、風化というきわめて時定数の大きい自然浄化作用を待たねば環境汚染の汚染源として存在し続ける。したがって、計画、管理、制御という面からは大気汚染や水質汚濁問題に比しても著しく立ち遅れているといわざるを得ない。

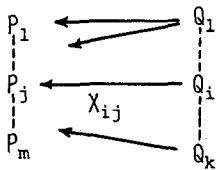
現在、各都市における清掃事業は収集・運搬→処理→処分のシステムで行なわれており、処理コストは東京都の例では昭和45年度はトン当たり平均6,680円が、っている。そして、コストの内訳は収集が約43%、運搬が約37%となっており、この段階で80%に達している。最近の交通事情の悪化と処理量の増大および人件費の増大はさらに収集・輸送のコストの増大をまねき、ごみ質の変化は処理費の増大をまねいている。

廃棄物処理プラントは通常処理量が大きくなるほど、スケールメリットが働いて単位あたり処理コストが低下する。しかし、輸送システムにとってはそのような処理施設の大型化は輸送距離の増大と過密化によってコスト上昇の大きな要因となる。したがって、システムの地域的展開を考える場合には処理系と収集・輸送系とを組合わせて全体のコストが最小になるような処理プラントの規模と配置、あるいは配置が決まっている場合は、処理プラントの規模と輸送量を求める必要がある。このような最適化は都市の地形、人口密度、交通事情その他により、また収集手段としてのトラックの大きさ等によって異なり、数学的解析にのらない要因が多い。ある都市の清掃担当者は現行のシステムでは、収集・輸送の範囲は20km圏内が限度であるといっている。これは今迄の経験と実績に基づいたものである。しかしながら、収集・輸送系と処理系のコストの割合が変化すれば最適処理規模は変化することが予想されるし、収集・輸送系のコストの低下につながる適正な計画が全体の処理コストの低減につながるもので、これらの関係に関する理論的解析が望まれる。また、これらの解析は非線形計画となり数学的にも興味ある問題である。本研究は、このような非線形計画の解析を行うことにより、収集・輸送系と処理・処分系の最適規模とその関連を探り、産業廃棄物にも関連する廃棄物処理の今後の広域計画の指針を得ようとする一つの試みである。

2. 問題設定

都市スケールの広域を対象とし、その産業廃棄物処理プラントの最適配置について考察する。具体的には処理プラントの建設位置とその各プラント規模を決定することであるが、この場合廃棄物の運搬並びに処理プラントの建設、維持コストを総合したものを最小にすることを目的とする。なお計算の前提条件としては、「処理場候補地は予め設定されている」とものとする。

3. 評価関数



対象システムは左図の様である。

与条件: $Q_1, Q_2, \dots, Q_i, \dots, Q_k$ 廃棄物発生量

設計変数: X_{ij} i 番目の発生源から j 番目のプラントへの輸送量

決定: $P_1, P_2, \dots, P_j, \dots, P_m$ 建設予定のプラント規模

輸送コスト J_{ij}^T は

$$J_{ij}^T = A_{ij} X_{ij}^{\alpha} \quad \text{----- (1)}$$

と考えられる。ここで、係数 A_{ij} は道路の混雑度 (R_{ij}) や距離 (D_{ij}) などの関数である。(例えば $A_{ij} = R_{ij}^{\alpha_1} D_{ij}^{\alpha_2}$) プラントの建設費と維持費を次式で近似する。

$$J_j^{PC} = B_j P_j^{\beta} \quad \text{----- (2)} \quad J_j^{PR} = C_j P_j^{\gamma} \quad \text{----- (3)}$$

ここで J_j^{PC} は j 番目プラントの建設費, J_j^{PR} は同維持費, B_j, C_j は係数, $\beta, \gamma \approx 0.8$ である。よって全コストは

$$J = \sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^k A_{ij} X_{ij}^{\alpha} + B_j P_j^{\beta} + C_j P_j^{\gamma} \right) \quad \text{----- (4)}$$

ここで束縛条件

$$P_j = \sum_{i=1}^k X_{ij} \quad \text{----- (5)}$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^m X_{ij} \quad \text{----- (6)}$$

が必要である。(4)式の評価関数は設計変数 X_{ij} (or P_j) に関する巾束の和で与えられ、しかもその指数は $0 \sim 1$ の間である。これを最小にする解は X_{ij} の境界上(即ち 0 か Q_i)にしかないことが証明できる。

4. 計算例

i) 計算に用いた諸係数値

大阪府を対象にヒリ以上の考察結果にそって最適計画を検討する。なお、こゝでの諸係数値は同府のシステムに対し、 P を用いて解られている輸送問題¹⁾の数値を用いた。 A_{ij} は i 発生地から j プラントへの輸送に要するコスト係数であるが、輸送の所要時間に比例するものと考え表-1のように与える。各地区の廃棄物発生量は表-2の通りである。コスト関数の係数値 $\alpha, \beta, \gamma, B_j, C_j$ については次のように仮定した。

$$\alpha = 0.8, 0.9, 1.0, \quad \beta = \gamma = 0.7,$$

$$C_j = 2.5 B_j, \quad B_j = 0.8, 1, 5, 10, 20, 50, 75, 100$$

ii) 計算結果の考察

表-3に B_j, α

を夫々 $0.8 \sim 100, 0.8 \sim 1$ に変えた場合の最適案につき、

その時の J , 輸送費, プラント関係費(建設費+維持費)をあげた。その欄は輸送方法(ビニへ輸送するか)を表わすが、 B_j が $0.8 \sim 100$ の範囲については上の二通りがある。これは $\gamma = [\text{輸送費}] / [\text{プラント建設費} + \text{維持費}]$ の範囲によって Case 1 $2.01 < \gamma$ Case 2 $\gamma < 1.68$ となる。

iii) 多段階システムへの拡張

前の問題は排出处と処理プラントのみの系であったが、この中間に中継基地をおいた場合の一層複雑な多段階システム(図-1)を取上げる。これについて、最適案を見出す一般的計算プログラムの開発をおこなったが、計算時間の長でまた問題がある。参考文献 1) 都市廃棄物処理対策研究会: "廃棄物に関する調査研究報告"

表-1. 発生地からプラントまでの所要時間 (A_{ij}) (min)

SOURCE 処理地	(1)	(2)	(3)	(4)
(I)	30	50	50	30
(II)	30	90	60	10

表-2. 各地区の廃棄物発生量 (Q_i) (t)

	(1)	(2)	(3)	(4)
	280	320	70	90

Case 1

SOURCE 処理地	(1)	(2)	(3)	(4)
(I)	280	320	70	—
(II)	—	—	—	90

Case 2

SOURCE 処理地	(1)	(2)	(3)	(4)
(I)	280	320	70	90
(II)	—	—	—	—

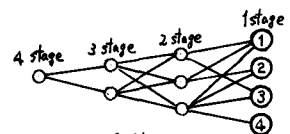


図-1 多段階システム