

## IV-116

都市ごみ収集輸送システムの効率化  
とその評価に関する研究

豊橋技術科学大学

正会員 ○ 青島 縮次郎

長野県庁

正会員 寺島 陽一

豊橋技術科学大学大学院 学生員

片田 敏孝

## 1. はじめに

廃棄物の収集輸送費用は、廃棄物処理に掛かる全費用の7割程を占めると言われ、処理費用低減のためその効率化は重要な問題となっている。一方、年毎の廃棄物量の増加は収集車両の増加を招き、交通事情の悪化に伴う収集輸送効率の低下、そして騒音、大気汚染など環境保全問題の一因ともなっている。このため、これらの問題を解決する一方法として中継輸送を導入し、更に収集基地を分散化することにより廃棄物収集輸送システムの効率化を図ることが考えられている。本研究では設定した収集輸送システムの費用関数を用いて、具体的事例として愛知県豊橋市を取り上げ、可燃ごみを対象とした中継輸送の導入、収集基地の分散によるごみ収集輸送システム効率化の効果を予測し、その検討を行うこととする。

## 2. 収集輸送システムにおける費用関数の定式化

1) ごみを積み替えない場合。費用関数の定式化において図1のような位置関係モデルを考える。収集基地から出た収集車は地区*i*で、ごみを収集したのち焼却施設へ輸送し、地区*i*のごみ輸送が終わると焼却施設から収集基地に戻る。この場合、収集輸送に必要な費用は、表1の項目を計算するため(1)式のように表すことができる。

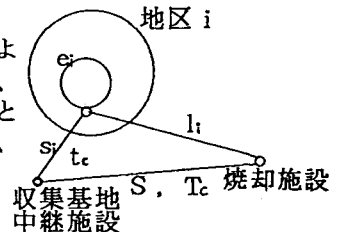


図1 ごみ収集輸送システムの位置関係モデル

$$\begin{aligned} & \Sigma_i \{s_i + (2Q_i/u-1)l_i + S + e_i \cdot Q_i/u\} t_c \\ & + m_u \cdot M_c \{ \Sigma_i \{s_i + (2Q_i/u-1)l_i + S + e_i \cdot Q_i/u\} / v_m + f_t \cdot \Sigma_i Q_i/u \} / w_t \\ & + \Sigma_{j=1}^n k_j \cdot G_j \{ \Sigma_i \{s_i + (2Q_i/u-1)l_i + S + e_i \cdot Q_i/u\} / v_m + f_t \cdot \Sigma_i Q_i/u \} / w_t \\ & - (1) \quad \text{ここで } k_j = p(1+p)^{n_j} / \{ (1+p)^{n_j} - 1 \} \end{aligned}$$

$Q_i$ : 地区*i*で発生する可燃ごみ年間発生量 (t/年)  $m_u$ : 収集車1台当たり作業員 (人/台)  
 $s_i$ : 収集基地と地区*i*の代表点との距離 (km)  $M_c$ : 作業員の年間1人当たり人件費 (円/人・年)  
 $l_i$ : 地区*i*の代表点と焼却施設との距離 (km)  $k_j$ :  $j=1$ : 収集車1台の資本回収率  
 $e_i$ : 地区*i*の中で1台の収集車にごみを搬送する間に走る距離 (km)  $j=2$ : 収集車1台当たり搬送の資本回収率  
 $S$ : 収集基地と焼却施設との距離 (km)  $n_j$ :  $j=1$ : 収集車の平均耐用年数 (年)  
 $u$ : 収集車の容量 (t)  $j=2$ : 収集車両2台の平均耐用年数 (年)  
 $t_c$ : 収集車のkm当たり輸送費 (円/km)  $G_j$ :  $j=1$ : 収集車1台当たり購入費 (円/台)  
 $v_m$ : 収集車の平均走行速度 (km/hr)  $j=2$ : 収集車1台当たり搬送費 (円/台)  
 $f_t$ : 収集車1台にごみを搬送する収集時間 (hr)  $p$ : 利子率  
 $w_t$ : 年間1台当たり収集稼働時間 (hr)

表1 収集輸送システムの費用計算項目

| 計算する項目      | システム代替案         |                |
|-------------|-----------------|----------------|
|             | ごみを積み<br>かえない場合 | ごみを積み<br>かえる場合 |
| 収集車走行費      | ○               | ○              |
| 収集に掛かる人件費   | ○               | ○              |
| 収集車両原価償却費   | ○               | ○              |
| 収集車両搬送原価償却費 | ○               | ○              |
| 中継施設搬送費     |                 | ○              |
| 中継施設に掛かる人件費 |                 | ○              |
| 中継施設原価償却費   |                 | ○              |
| 輸送車走行費      |                 | ○              |
| 輸送に掛かる人件費   |                 | ○              |
| 輸送車両原価償却費   |                 | ○              |
| 輸送車両搬送原価償却費 |                 | ○              |

2) ごみを積み替える場合。収集基地から出た収集車は、地区*i*でごみを収集した後、中継施設にごみを搬入しコンテナに積み替える。そしてこれを中継車両で焼却施設へ搬入し、再び中継施設に戻る。この場合、収集輸送に必要な費用は表1の項目を計算するため(2)式のように表すことができる。

$$\begin{aligned} & \Sigma_i \{2s_i \cdot Q_i/u + e_i \cdot Q_i/u\} t_c + m_u \cdot M_c \{ \Sigma_i \{2s_i \cdot Q_i/u + e_i \cdot Q_i/u\} / v_m + f_t \cdot \Sigma_i Q_i/u \} / w_t \\ & + a_1 (\Sigma_i Q_i)^{a_2} + m_r \cdot M_c + 2S \cdot T_c \Sigma_i Q_i/u + M_u \cdot M_c \{ (2S \cdot \Sigma_i Q_i/u) / v_m + f_t \cdot \Sigma_i Q_i/u \} / w_t + \Sigma_{j=1}^n k_j \cdot G_j \{ \Sigma_i \{2s_i \cdot Q_i/u \\ & + e_i \cdot Q_i/u\} / v_m + f_t \cdot \Sigma_i Q_i/u \} / w_t + k_b \cdot B_b + \Sigma_{j=1}^n k_1 \cdot B_1 \{ (2S \cdot \Sigma_i Q_i/u) / v_m + f_t \cdot \Sigma_i Q_i/u \} / w_t \\ & - (2) \end{aligned}$$

ここで  $k_b = p(1+p)^{n_b} / \{ (1+p)^{n_b} - 1 \}$ ,  $k_1 = p(1+p)^{n_1} / \{ (1+p)^{n_1} - 1 \}$

$a_1$ : 中継施設運搬費用の係数  $V_m$ : 輸送車の平均走行速度 (km/hr)  $k_1$ :  $l=1$ : 輸送車1台の資本回収率  
 $a_2$ : 規模の効果の係数  $F_t$ : ごみの詰まったコンテナを輸送車に積み替える時間(hr)  $l=2$ : 輸送車1台当たり搬送の資本回収率  
 $m_r$ : 中継施設運搬作業員 (人)  $W_t$ : 輸送車の年間1台当たり輸送稼働時間 (hr)  $B_1$ :  $l=1$ : 輸送車1台の購入費(コンテナ2基を含む)(円/台)  
 $U$ : 輸送用コンテナの容量 (t)  $k_b$ : 中継施設建設費の資本回収率  $l=2$ : 輸送車1台当たり搬送費 (円/台)  
 $T_c$ : 輸送車のkm当たり輸送費 (円/km)  $B_b$ : 中継施設建設費  $n_1$ :  $l=1$ : 輸送車の平均耐用年数 (年)  
 $M_u$ : 輸送車1台当たり作業員 (人/台)  $n_b$ : 中継施設の耐用年数 (年)  $l=2$ : 輸送車搬送の平均耐用年数 (年)

図1において地区*i*は小学校区としているので、 $s_i$ は収集基地(中継施設)からそれぞれの校区の小学校までの距離、 $l_i$ は小学校から焼却施設までの距離とする。なお、原価償却費の計算では施設の耐用年数10年、車両の耐用年数を9年とし利子率0.06とした。(2)式の $a_1$ は中継に掛かる費用の

予測値とごみ量から決め、 $a_2$ は、中継施設運転費の大半を光熱費が占めることから、その規模の効果を考慮して0.5とした。また、収集車、輸送車のkm当たり輸送費、人件費、中継施設運転費については65/年の上昇を考える。また、収集車1台当たりの作業人員は3人、輸送車は運転手のみで1人である。

### 3. 適用事例<sup>2)</sup>

愛知県豊橋市は面積25,889 $\text{km}^2$ 、人口324,000人の都市である。同市における可燃ごみ量の将来推移は過去からのトレンドにより年間で約2,500~3,000tづつ増加すると予測されている。このためごみの適性処理と有効利用を図る一環としてごみの5分別収集を行い、資源ごみの回収などによるごみ排出量の減少に努めるなど省資源、ごみの減量化を進めている。また、廃棄物総合処理資源化事業として資源化センターの建設を行い、同施設の焼却炉で発生する熱を温室やコンポストなどに利用している。そして更に、ごみ収集の効率化を目指した収集区域の3分割計画が行われている。この計画は市内の収集区域を順次東、南、西の3つに分け各々に1箇所の収集基地を設置し、東、西には中継施設を併せて建設するものである。そこで豊橋市におけるこの計画の各段階を4つの代替案として捉え、S.60年度からS.75年度までの収集輸送に掛かる費用を算出する。以下その代替案を記す。

1. 市内のごみ収集は、東部収集基地から出た収集車が各地区で収集したごみを直接焼却場へ運ぶ。
2. 東部地区のごみは同地区の中継施設へ搬入し、大車輸送車で焼却場へ運ぶ。南部、西部地区のごみは、東部収集基地から出た収集車が収集したごみを直接焼却場へ運ぶ。
3. 東部、西部地区は2の状態のままで、南部地区は焼却場隣接の収集基地から出た収集車が収集したごみを直接焼却場へ運ぶ。
4. 収集区域を3分割し、東部、西部地区のごみはそれぞれ中継輸送を行い、南部地区は焼却場隣接の収集基地を基点に収集を行う。

### 4. 結果および今後の課題

収集車、輸送車の走行距離(図2)をみると、中継輸送の導入、収集基地の分散をした代替案2,3,4の方が収集車の走行距離が少なく済むことがわかる。これを、例えばS.75年度での収集車台数に換算すると代替案1で47.9台、代替案2,3で41.7台、代替案4で37.1台となり、輸送車では代替案2,3で4.4台、代替案4で7.7台となる。次に収集輸送に掛かる費用(図3)を見ると、代替案の始まるS.60年度では収集輸送費用の少ないほうから代替案1,2,3,4の順となっている。これは代替案2以下で中継施設運転費、施設や車両などの原価償却費が加わるためである。しかし、S.71年度には代替案1が4を上回り、S.75年度になると収集区域を3分割し収集基地の分散、中継輸送の導入を行った代替案4の費用が最も少なくなり、S.60年度の結果とは逆転することがわかる。このため豊橋市を事例とした収集区域の分割に伴う収集基地の分散、中継輸送の導入は、設定した費用関数のもとでは将来において費用低減につながる。しかしS.75年度で代替案1と4の金額差は約7,800万円であり、収集輸送システムの改良が費用面ではそれほど多額の低減を期待できない。これは代替案1より4の方が、収集車台数低減のためその分の車両関連費や投入人員といった収集費用が節減できる代わり、中継に掛かる費用や施設、車両などの原価償却費が加わるためである。では代替案2,3,4のような収集輸送システムの改良によって得られる利点は何かということ、将来における収集輸送費用低減のほかに、ごみ収集の面では①稼働時間が同じであれば、収集車がごみを輸送する時間より収集する時間が増えるためごみの収集効率上がる。②毎年数千トのごみが増加するのに拘わらず収集車の増加率を低く抑えられる。③収集基地を分散することで災害時の機能を確保し、被災地に対する迅速なごみ収集を可能にする、などである。環境影響面では収集基地の分散による、基地周辺の一地域的、特定時間帯の交通混雑、交通公害の緩和、などが考えられる。

また都市のごみ収集方式において、収集基地の分散、中継輸送の導入が適切である場合は、2,3の収集区域分割計画、施設配置計画に従って、適切な費用関数の試算によって収集輸送費用最小となる収集区域、施設配置を設定できると考えられる。なお今後の課題としては、費用関数をより現実的に即するものにして的確な試算を可能にすること。焼却施設が幾つかある大都市における中継輸送システム導入効果の検討、そして収集輸送システムの効率化が環境に与える影響を捉えることなどである。

参考文献: 1)昭和59年度愛知県環境計画調査・環境保全計画調査報告書、土木学会 2)豊橋市東部中継施設パンフレット

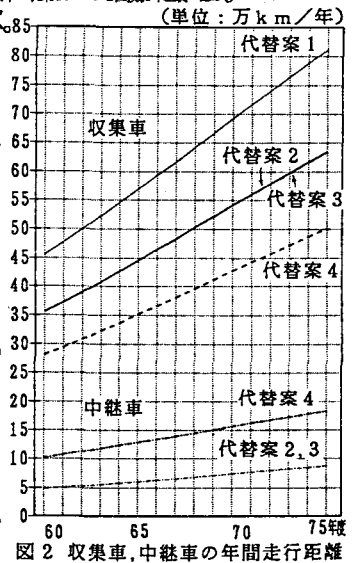


図2 収集車、中継車の年間走行距離

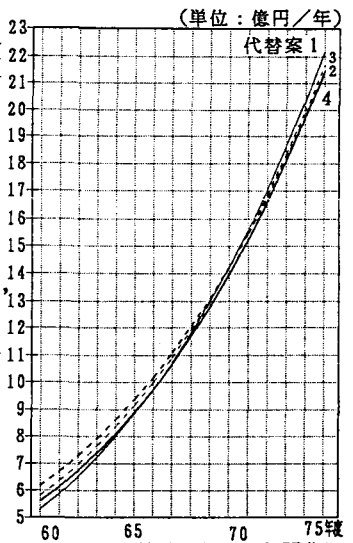


図3 収集輸送にかかる年間費用