

環境負荷と費用からみた廃棄物処理広域化の 規模に関する研究

佐々木努¹・藤原健史²・松岡譲²

¹学生会員 工学 京都大学大学院工学研究科(〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町)

²正会員 工博 京都大学大学院工学研究科(〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町)

廃棄物処理の広域化は、ダイオキシン対策ならびに廃棄物のリサイクル、処理費用と環境負荷の削減に有効であるが、対象地域の人口によって廃棄物輸送による環境負荷量や交通量が変わるため、広域化の適正規模が存在すると予想される。本研究では、廃棄物処理広域化を評価するためのモデルを開発し、総費用、環境負荷量(CO₂, NO_x, SO_x)、交通量の変化を広域化規模の関数として表すことにした。このモデルを使用して、いくつかの典型的な人口分布を持つ地域における広域化最適規模を示した。

Key Words :Waste centralized treatment in aggregated area, evaluation model
environmental impacts, traffic loads, total cost

1. はじめに

廃棄物処理広域化は、ダイオキシン類発生抑制の対策をきっかけに積極的に進められるようになってきた。広域化には、最終処分量の削減、廃棄物処理の設備費ならびに人件費の削減、各種処理装置の効率的・安定的稼働による環境負荷の削減、廃棄物リサイクルの推進、焼却残渣の高度処理対策、サーマルリサイクルの推進、などのメリットが存在するので、各自治体では実施に向けて計画が進められている。しかしその反面、輸送過程からの環境汚染物質の排出、交通量の増加、沿道住民の迷惑感情などの問題が発生する。したがって、廃棄物処理の広域化は、費用、環境、住民感情の各側面から考えて評価する必要がある。

現在までに、廃棄物処理の広域化に関する研究は数多く報告されてきた。谷口ら¹⁾や、中野ら²⁾らは環境・経済指標により広域化規模の評価を行い、小笠原ら³⁾は実際の自治体の広域化計画に対する有効性の評価を行い、和田ら⁴⁾はリサイクルを考慮に入れた広域化評価に関する研究を行っている。また羽原ら⁵⁾は広域化における様々な処理シナリオを想定し、広域化の評価を行った。これらの研究では、広

域化のメリットを強調する。しかし、これらの研究では対象地域を特定しており、結果の一般性がわかりにくい。さらに既往の研究では、広域化に伴う環境負荷については検討されているが、廃棄物輸送交通量の増加は十分議論されていない。交通量の増加が当該地域の交通渋滞を生じさせて、経済損失、地域大気汚染、迷惑感情を発生させる。正當に廃棄物処理の広域化を評価するには、こういった面にも着目する必要がある。つまり、広域化のアセスメントでは交通量増加を定量的に扱うことが必要である。

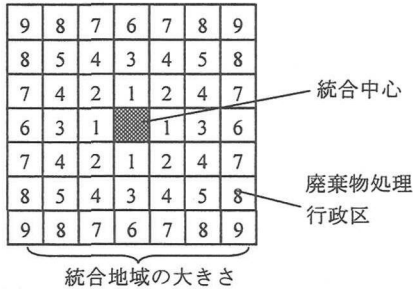
そこで本研究では、評価指標として廃棄物関連費用と環境負荷(CO₂, NO_x, SO_x)の項目に交通量を加えた5つの指標を採用し、いくつかの人口分布パターン有する都市における広域化の得失を検討した。また、様々な人口密度で広域化をシミュレートして最適広域化規模を求め、人口密度が広域化に与える影響を考察した。

2. 廃棄物処理広域化評価モデル

広域化の性質を客観的にかつ詳細に調べるために、本章ではいくつかの異なった人口分布を持つモデル都市を考えて、5つの広域化の評価指標を広域

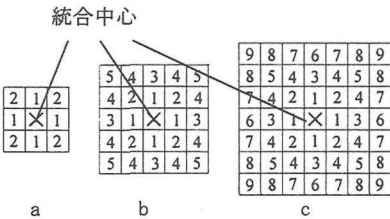
化の規模の関数として表すことを試みる。

本研究の広域化モデルでは、限定した対象地域に適応させるものではなく、一般的な広域化の性質を得るため、複雑な形状ではなく、区画（9km×9km）が9×9の格子状に並んだ領域を対象とする。各区画では家庭から発生した廃棄物を区画内で収集・焼却していると仮定する。この条件の下で、統合中心から一定距離にある区画を統合して広域化を実現する。この統合中心とは、広域化された領域で発生する廃棄物の輸送先であり、その廃棄物の焼却施設を置く区画である。この広域化モデルを用いて、広域化前後の費用の増減額、CO₂排出量、NO_x排出量、SO_x排出量の増減量、統合中心への廃棄物運搬車交通量を、広域化規模ごとに求める。また、評価指標を用いて最適な広域化規模を求め、その人口分布などの設定を変えて広域化規模がどのように変わるかを調べる。



（区画内の数字は広域化の規模を表す）

図-1 広域化の規模設定



〔aは区画1～2まで、bは区画1～5まで、cは区画1～9までの広域化を表す。本研究ではこのようにして得られる14の広域化パターンについて規模を設け、費用や環境負荷量、交通量を求めた。〕

図-2 広域化パターン

広域化は次のルールに従って行う。

- ① 区画内の焼却施設の規模を区画で収集される廃棄物の総量によって決める。

- ② 図-1の中央の格子(統合中心)からの距離によって統合規模を決める(詳細は図-2)。
- ③ 広域化された区画では、区画内で収集した廃棄物を既存の焼却施設に集め、そこから統合中心にある焼却施設へ運搬する。すなわち焼却施設は中継施設として利用する。
- ④ 統合中心で発生する灰は、もとの区画へと返送しそこで処分する。
- ⑤ 統合中心の焼却施設は、搬入ごみ量にあわせて処理規模を拡大する。
- ⑥ ごみ発電を行い、余剰電力を売電する。
- ⑦ 統合中心への廃棄物を輸送するための運搬車両を搬入ごみ量に応じた数だけ購入する。
- ⑧ 総費用と環境負荷量を、広域化実施前後で求める。

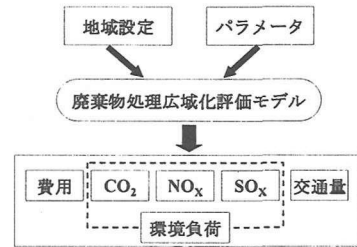


図-3 モデルの概要

広域化においては発生する灰も統合中心で処理・処分されるが、本研究では最終処分を廃棄物処理広域化に加えないため④のような設定にした。もし集中処理された灰を一括処分できれば、本研究の評価結果よりさらに広域化のメリットが生じると考えられる。また図-3は、本研究に用いたモデルの流れ図を示す。

(1) 費用

廃棄物輸送・処理に関する年間費用として、以下のものを考えた。それぞれ広域化の実施後の増減額で表した。原単位は表-1にまとめて示した。

(a) 運搬費

中継施設と焼却施設間の廃棄物の運搬に関する費用を表す。まず区画内人口とごみ排出原単位から区画から排出されるごみ量を算出した。その量をもとにして、ごみ運搬車の燃費、軽油価格、年間走行距離、車両維持費、運転手人員数、最大積載量、運搬車両台数から計算した。

(b) 車両購入費

広域化に伴い、各区画から統合中心へ廃棄物を運

搬送が必要がある。車両の購入台数は、運搬車の一
日あたり稼働時間の間に、区画から出る廃棄物を統
合中心へ運搬できる台数とした。運搬車両価格と運
搬車利用台数に減価償却期間を考慮して購入費を求
めた。

(c) 建設費

広域化に伴い処理量が増加するため、統合中心の
焼却施設を新設し、人員の増強を行う必要がある。
人員ならびに新設費用はスケールメリットが効くも
のとした。運転費用と新設費用に減価償却期間を考
慮して建設費を求めた。

(d) 維持管理費

広域化に伴い各区画の焼却施設は閉鎖されるので
その維持管理費(運転費用と人件費の合計)が必要
なくなる。ここで焼却施設の維持管理費は、建設費
との割合で決めた。閉鎖後は中継施設として利用す
るので、その維持管理費が発生する。これらの合計
を維持管理費とした。

(e) 売電費

統合中心の焼却施設は、広域化の進展に伴って処
理量が増加する。それにしたがって、ごみ発電の効
率が上昇するとした。発電効率と、ごみ発熱量、ご
み処理量、所内率から余剰電力を算出した。これに
売電価格を乗じることで、得られる売電費を求めた。

(2) 環境負荷量

環境負荷量として、広域化実施後の増減量を考え
た。そのため、広域化実施前後で変わらない収集に
ともなう負荷量と焼却に伴う負荷量は定量化せず、
運搬車からの負荷量と売電による負荷量のみを扱っ
た。売電による負荷量とは、売電によって削減され
る化石燃料分に相当する環境負荷低減量である。環
境負荷の対象物質として、CO₂、NO_x、SO_xを考えた。
算出方法は、それぞれの対象物質の運搬時(軽油燃
焼時)の排出原単位と、発電所での発電時の排出原
単位に、年間運搬走行距離と発電量をかけて求めた。

3. 交通量

広域化によって増加する廃棄物運搬車の交通量は、
広域化のデメリットの一つである。本研究では、そ
の廃棄物運搬車の交通量を定式化することにする。
広域化が進むにつれて、統合中心の近郊で著しく交
通量が増加することが予想される。そこで、統合中
心の区画に進入する運搬車の数を、廃棄物輸送交通
量と定め、広域化の交通量の評価を行う。

表-1 原単位一覧表

係数名	値	単位
運搬車の稼働時間	5	h
運搬車の最大積載量	5	t
運搬車の平均時速	20	km/h
運搬車の燃費	3	km/L
軽油の値段	0.000084	百万円/L
車両維持費	2.23	百万円/(台・yr)
運搬車一台の購入費	25	百万円/台
運搬車の減価償却期間	5	yr
運搬車運転手人件費	6	百万円/yr
減価償却期間	25	yr
人件費	6	百万円/(人・yr)
維持管理費/建設費	3	%
維持管理費	0.00077	百万円/t
ごみ発熱量	2000	kcal/kg
売電価格	0.00000811	百万円/kwh
所内率	20	%
軽油燃焼時CO ₂ 排出量	0.721	kg-C/L
軽油燃焼時NO _x 排出量	0.00232	kg/L
軽油燃焼時SO _x 排出量	0.00635	kg/L
発電時CO ₂ 削減量	0.0823	kg-C/kwh
発電時NO _x 削減量	0.0000393	kg/kwh
発電時SO _x 削減量	0.0000118	kg/kwh
ごみ排出原単位	0.548	t/yr

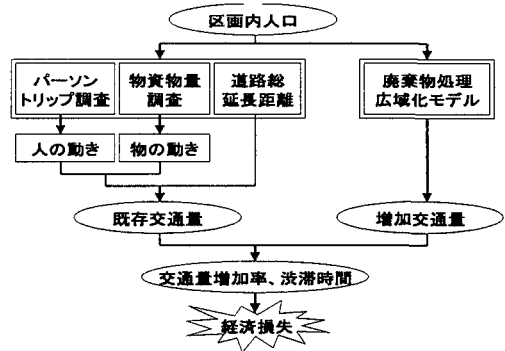


図-4 交通量増加

現在、渋滞による経済損失は、日本全体で年間
12 兆円と言われており(警察庁⁶⁾)、国民一人あた
りに換算すると 10 万円となる。交通と産業が集中
している都心にて経済損失が大きく、東京だけで 4
兆 9 千億円(東京都⁷⁾)、近畿で 2 兆円(大阪府⁸⁾)と
言われている。したがって、廃棄物処理の広域化に
は廃棄物運搬車両の集中による交通量の増加と、そ
れによって引き起こされる渋滞による経済損失を考
えなければならない。しかし、実際に経済損失を見
積もろうとすると、統合地域の人口のほか、社会
経済活動を表す指標が必要となってくる。

本研究では、統合中心の一日あたりの交通量と、増加交通量とから経済損失を算出する。まず、パーソントリップ調査のデータ⁹⁾により、「人の動き」に起因する交通量を算出する。次に、物資流動調査から得られたデータ¹⁰⁾により、「ものの動き」に起因する交通量を算出する。また、モデルによって算出される統合中心への廃棄物運搬車両の交通量から増加交通量を求める。これら既存交通量と増加交通量とを用いて、経済損失を算出する。図-4 にその概略を示す。

(1)「人の動き」の交通量

パーソントリップ調査の結果より、一人一日あたり平均トリップ数を得る。本モデルで扱う交通量は自動車であるが、この平均トリップ数には、全ての交通手段(鉄道、バス、自動車、二輪車、その他)を利用した数になっているため、補正を行う必要がある。バス・自動車を合計したものを本モデルで関係する交通手段とすると、代表交通手段別のトリップ構成から、バスと自動車の交通手段全体に対する比率 r_o を得る。この比率に平均トリップ t_r と、統合中心の人口 P_c をかけて、式(1)により人の移動による交通量 n_p を求める。

$$n_p = t_r \cdot P_c \cdot r_o \quad (1)$$

(2)「ものの動き」の交通量

夜間人口を居住人口で代替し、物資物流調査の結果より、夜間人口一人1日あたりの平均流動量 F_l を求める。また、トラックの平均積載トン数 L_p' を用いることで、式(2)により物の交通量 n_b が算出される。

$$n_b = (F_l \cdot P_c) / L_p' \quad (2)$$

(3)交通量増加率

まず統合中心における一日あたりの自家用車のべ走行距離 n_{car} は、自家用自動車、普通貨物車、小型貨物車の平均走行距離 d_{car} 、 d_{nt} 、 d_{st} のデータを用いて式(3)で算出する。また一日あたりの貨物車のべ走行距離は n_{track} 、交通量の車種構成比率のデータ r_{nt} および r_{st} ¹¹⁾から式(4)により算出する。さらに統合中心の道路延長距離 l_{cen} は、具体的な値を用いることにし、兵庫県のデータに基づいた人口と道路実延長の関係式(5)から求める。これらの値を式(6)により統合中心の平均交通量 N_{trans} を得る。広域化に伴う交通増加量 N_{waste} と平均交通量との比(交通量増加率) r_{trans} は、統合中心へ集まる一

日あたりの廃棄物運搬車両数から交通量増加率を式(7)によって求める。

$$n_{car} = n_p \cdot d_{car} \quad (3)$$

$$n_{track} = n_b \cdot \frac{r_{st} \cdot d_{st} + r_{nt} \cdot d_{nt}}{r_{st} + r_{nt}} \quad (4)$$

$$l_{cen} = 0.0032 \cdot P_c + 181.56 \quad (5)$$

$$N_{trans} = (n_{car} + n_{track}) / l_{cen} \quad (6)$$

$$r_{trans} = (N_{waste} / N_{trans}) \cdot 100 \quad (7)$$

(4)渋滞による経済損失

交通量増加に伴う渋滞による損失時間 t_{jam} は、以下のように求める。まず、統合中心内を通過するためにかかる時間 t_{cen} は、全車両が統合中心の区画を通過する時間とみなし、統合中心内の走行車両平均時速 v と、統合中心の区画の大きさ D_{cen} とを用いて式(8)で表されるとする。渋滞による損失時間は、この統合中心内通過時間と交通量増加率より式(9)により求める。

また車種別時間価値の原単位¹²⁾と構成車種の比率を考慮して平均的な時間価値の原単位 C_{time} を求め、式(10)によって廃棄物運搬車両増加による経済的損失を算出する。ここでは、平均的な時間価値の原単位として3,164(円/hr)を用いた。

$$t_{cen} = D_{cen} / v \quad (8)$$

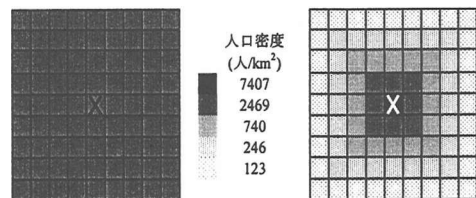
$$t_{jam} = t_{cen} \cdot (r_{trans} / 100) \quad (9)$$

$$C_{loss} = (C_{time} \cdot t_{jam}) \cdot N_{trans} \cdot 365 \cdot 24 \quad (10)$$

4. 地域設定

本研究では、2つの地域(人口分布)を設定し、それぞれ廃棄物処理広域化モデルに適用した。その地域設定の詳細を図-5に示した。区画は9km角、区画数9×9、広域化の広域化規模は9km～51kmの間で14設定した。また、図-5に示した人口密度を各地域における基本の人口密度とし、基本の人口密度を何倍かすることで、人口密度が広域化に与える影響を調べることにした。

Case 1 は人口密度が一定、Case 2 では統合中心から離れるほど人口密度が小さくなる。大きい人口



×印は統合中心

図-5 地域設定(左:Case1, 右:Case2)

密度が一様に広がる地域を大都市圏、小さい人口密度が一様に広がる地域を過疎部、中心の人口密度が大きく中心から人口が小さくなる地域を地方都市（以後、一都市と呼ぶ）と仮定する。本研究で用いた地域設定はこういった地域を想定したものであり、具体的には、①大都市圏での広域化(Case 1 において人口密度が大きい時) ②過疎部での広域化(Case 1 において人口密度が小さい時) ③一都市での広域化(Case 2)である。

5. モデルの適用及び結果

廃棄物処理広域化モデルを用いて算出した結果を表す。図中の横軸は、広域化の規模を、統合中心からの距離で示している。

(1)Case1

Case1 は一様な人口分布のため、人口が大きければ大都市圏での広域化を、小さければ過疎部での広域化を想定することができる。図-6 に Case1 における規模拡大に伴う人口増加の様子を示す。

a)費用

図-7 に一人あたりの各種費用を示す。建設費に関しては、広域化規模を拡大することで処理ごみ量が増加し、スケールメリットにより建設費用が小さくなることが表れている。一人あたり運搬費と車両購入費は広域化規模が拡大するにつれて増加している。これは、ともに輸送に関する費用で、規模拡大による長距離運搬に伴う増加と考えられる。

また、図-8 に広域化規模と一人あたり総費用の関係を示した。30km までは広域化によるメリットがデメリットを打ち消し、一人あたり総費用は減少する。しかし、広域化規模が 40km より大きくなると運搬費などのデメリットの増加がメリットの増加を上回り、一人あたり総費用は増加に転じる。これから、1 人あたり総費用においては 40km が最適な規模となる。したがって、費用の面では広域化の適正規模が存在する。

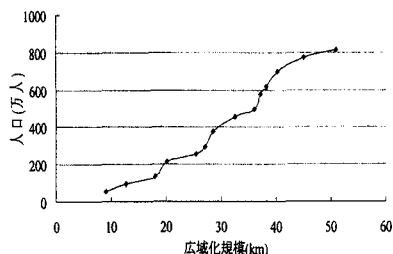


図-6 広域化と人口

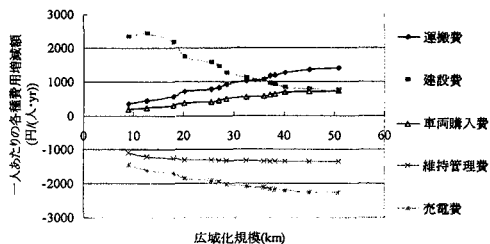


図-7 広域化と一人あたり各種費用

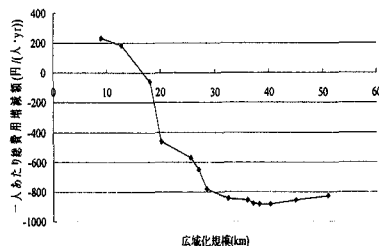


図-8 広域化と一人あたり総費用

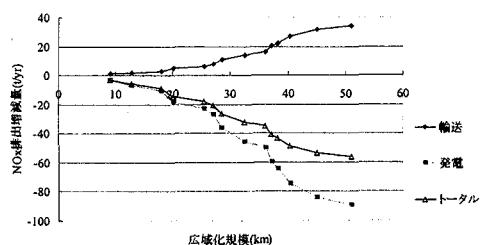


図-9 広域化とNO_x

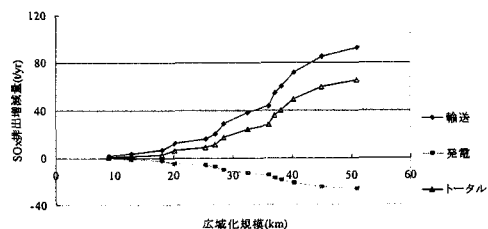


図-10 広域化とSO_x

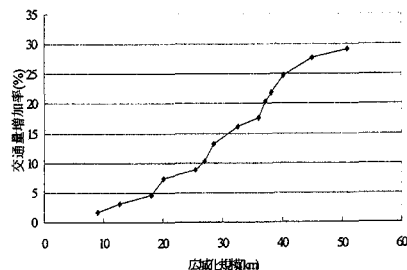


図-11 広域化と交通量増加率

b) 環境負荷

図-9～図-11 に規模と環境負荷量(NO_x , SO_x , 交通量増加率)の関係を示す。 NO_x は広域化規模が大きくなると急激に削減される。これは、ごみ量の増大に伴い発電量が増え、輸送距離の増加による負荷量の増加よりも、売電による削減効果が大きくなるためである。しかし、 SO_x は広域化規模が大きくなるにつれて、輸送距離の増加に伴う負荷量の増加が、売電による削減効果を上回るため、排出量が増す。つまり、 NO_x の排出量はごみ量に、 SO_x は輸送距離に依存することが分かる。また、交通量増加率に関しては広域化規模 50km において 30%増加という結果になった。 NO_x , SO_x , 交通量のグラフはいずれも広域化規模と人口のグラフと類似している。

c) 人口変化

人口密度を変えると環境負荷、交通量は(1)、(2)の場合と同じ傾向であるが、費用に関しては傾向が異なる。たとえば、人口密度の減少が図-4 で設定した人口密度の 1/2 倍までのときには総費用の面で広域化メリットは十分存在する。しかし、1/4 倍よりも小さくなると、広域化するほど総費用は増加するようになり広域化のメリットがない。一人あたり総費用における人口密度変化の影響を図-11 に示す。人口密度が大きいほど一人あたり総費用の最適広域化規模が小さくなることが分かる。これは、均一な人口密度分布を持つ地域で一人あたり総費用を広域化によって下げるためには、ある一定以上の人口が必要であることを示唆している。

d) 経済損失

交通量増加によって統合中心では交通渋滞が引き起こされる。この渋滞による経済損失額は、広域化段階が最大・人口密度が図-5 のとき 10 億円、人口密度が 1/2 倍のとき 5 億円となった。いずれも、広域化による総費用の削減額より、経済損失額の方が小さく、地域全体としてみたとき広域化への影響はない。ただし、人口が少ない場合(人口密度が 2/3 倍や 1/2 倍)には、経済損失額が総費用の削減額の 1/5～1/2 倍に達し、経済損失額を無視できない。

(2) Case2

Case2 は統合中心が最も人口密度の大きい都心部で、中心から離れるほど人口密度が小さい人口分布であり、一都市を中心とする地域(以後、一都市域と呼ぶ)での広域化を想定した。図-13 に Case2 における規模拡大に伴う人口増加の様子を示す。

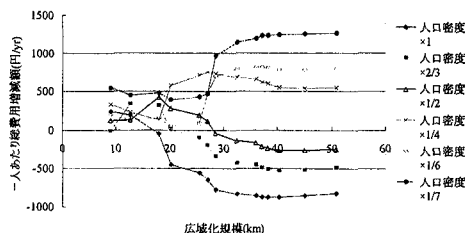


図-12 人口密度変化と一人あたり総費用

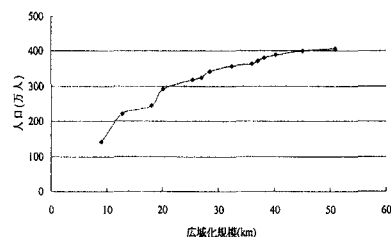


図-13 広域化と人口

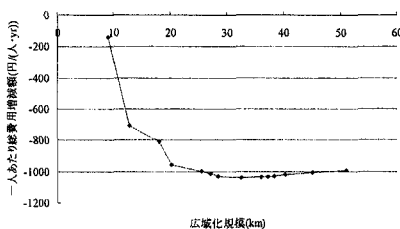


図-14 広域化と一人あたり総費用

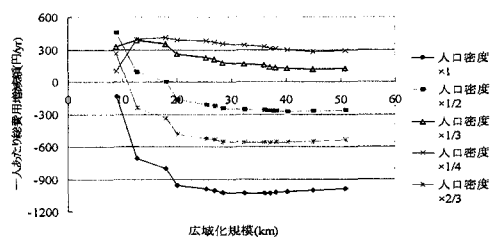


図-15 人口密度変化と一人あたり総費用

a) 費用

Case2 においても、一人あたりの各種費用のグラフの傾向は Case1 と同様であった。図-14 に一人あたりの総費用を示す。30km 以降は約 1050 円の削減量でほぼ一定となっている。これは、30km までは広域化によるメリットがデメリットを打ち消し、一人あたり総費用は減少するが、広域化規模が 30km より大きくなると運搬費などのデメリットの

増加とメリットの増加が均衡し、一人あたり総費用が一定になるためと考えられる。Case2 における削減額約 1050 円は Case1 の削減額約 850 円よりも削減幅が大きい。これは、人口分布によるものと考えられる。つまり、Case1 よりも Case2 の人口分布の方が、費用の面で削減効果が大きいことが分かる。

b) 環境負荷

Case1 と同様に CO₂ と NO_x はごみ量に、SO_x は輸送距離に依存している。しかし Case2 では、統合中心から離れるほど人口密度が小さくなる分布なので、広域化規模を拡大するとごみ量の増加率は小さくなる。そのため CO₂ と NO_x の削減量は規模が大きくなるにしたがって収束する。また SO_x の増加量は Case1 のように急激に増加することなく、線形に増加する。

c) 人口変化

図-15 に人口密度変化と一人あたり総費用の関係を示した。人口密度が 2/3 倍までは広域化のメリットが十分あるが、1/2 倍になるとその効果はほとんどなくなり、それより人口密度が小さくなると広域化はデメリットになることが分かる。また、グラフの特徴として、人口密度の大小に関らず、一人あたり総費用が最適に達する規模が同じくらいであることが分かる。これは Case2 のような統合中心の人口密度が大きく、周辺部ほど人口密度が小さい分布は、必然的に(費用の面で)の広域化メリットが存在する分布形状であるといえる。すなわち、費用面でのメリットは、統合中心から 20km 以内に総人口が 100 万人以上であれば、人口の大小よりも人口分布のみに依存する。

d) 経済損失

経済損失の大きさは、最大で 10 億円程度となった。経済損失を考慮に入れても費用の面での最適規模は変わらない。

6. 考察

(1) 大都市圏での広域化

Case1 において人口密度が大きい(人口密度が 1/2 倍まで)とき、大都市圏での人口分布を表現している。得られた結果から、大都市圏での広域化はメリットが大きく、推進すべきであるということが分かった。

(2) 過疎部での広域化

Case1 において人口が小さい(人口密度が 1/2 倍より小さい)とき、過疎部での人口分布を表現して

いる。得られた結果から、過疎部での広域化においては人口密度が重要であることが分かった。人口密度が 600(人/km²)よりも小さいと広域化のメリットはなくなってしまう。したがって、周辺に都市が存在すれば過疎部のみでの広域化を行うよりも、都市と統合した方が効率的であることが考えられる。

(3) 一都市での広域化

Case2 は、統合中心に人口が集中し、周辺部は人口が少ない地域が広がる人口分布である。得られた結果から、Case2 の人口分布は人口密度一定よりも小さい広域化規模でメリットがでることが分かった。すなわち、Case2 のような人口分布は、広域化メリットがしやすい形状で、この場合も広域化は促進すべきであるということが分かった。

(4) 二都市域での広域化

隣接する二都市における広域化を 2 つのパターンを想定して比較する。一つは、二都市全域を統合し、両都市の中心に統合中心を設けて(図中の×印)広域化する場合(図-16)、もう一つは、各都市の中心に統合中心を設けて、それぞれで広域化をする場合(図-17)である。これは二つの地方都市があるとき、それぞれの都市を中心として広域化する

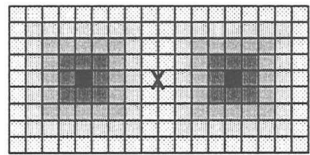


図-16 二都市統合広域化

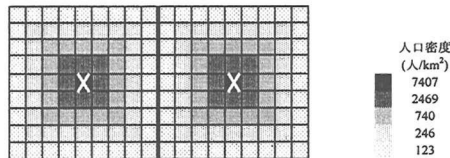


図-17 各都市での広域化

表-2 全域広域化と各都市広域

	総費用	CO2	NOx	SOx	増加交通量
単位	億円 / yr	万t-C / yr	t / yr	t / yr	台 / d
全城	-25.4	-18	-44.9	87.7	1880
各都市	-79.7	-16	-61.5	23.1	1590

表-3 総費用増減額の内訳

	運搬費	建設費	車両購入費	維持管理費	売電費
単位	億円 / yr	億円 / yr	億円 / yr	億円 / yr	億円 / yr
全城	137	58.3	74.1	-116	-178
各都市	56.5	92.6	30.6	-97.2	-162

場合と、二つの地方都市全域で広域化する場合の比較を想定している。この結果を表-2 と表-3 に示した。

これより、費用と NO_x 、 SO_x 、交通量については各都市で広域化を行った方がメリットは大きく、 CO_2 については全域で広域化を行った方がメリットは大きいことが分かる。これは、それぞれの指標がごみ量が運搬距離のどちらに依存するかによるものと考えられる。結局、各都市で広域化を行った方が削減できる指標が多く、二都市が人口の小さい地域をはさんで隣接している人口分布の場合、それぞれの都市を中心として広域化を行うことが良いことが分かる。

また、各広域化パターンの費用の内訳を見ると、全域広域化では運搬費・車両購入費の額が大きくなっている。つまり、二都市を含むような広域化を行うと輸送関係費が大きくなり、結果として各都市で広域化するよりも総費用、環境負荷量の削減効果が小さくなる。

(5) 広域化規模の適正規模

ここでは、Case1 と Case2 の二つの広域化パターンの最適な広域化規模について考える。

本研究では、広域化の評価指標として、総費用、 CO_2 、 NO_x 、 SO_x および交通量の 5 つを考えた。それぞれの指標は単位が異なるため、単純に合計することができない。そこで各指標について、各統合規模での値を最適規模での値で割ることにより、正規化した。また、削減されるものについては「+」の値をとるように、増加するものについては「-」をつけた。つまり、現状の水準を 0 とし、広域化を検討する対象地域で評価項目が最大あるいは最小となるときに値を最大値は+1、最小値は-1 として全ての値を正規化した。ここで、総費用と環境負荷については一人あたりの増減量を用いた。

Case1 及び Case2 について各種指標を正規化した値(以下、評価値と呼ぶ)をそれぞれ図-18、図-19 に示した。図-18 より、人口が一樣に分布している地域では、広域化規模を 30km より拡大してもメリットはそれほど増加せず、逆にデメリットが大きくなる。したがって、20~30km が広域化の適正規模と考えられる。図-19 より、統合中心が都市部で中心から離れるほど人口が少なくなる地域では、広域化規模を 20km よりも大きくしてもメリットはほとんど増加せず、デメリットが大きくなる。

したがって、20km が広域化の適正規模と考えられる。これは先に述べたように、Case2 の方が広域

化による効果大きいことを表している。

広域化の評価指標には、推進要因としてダイオキシン排出削減量や、資源ごみの集約によるリサイクル

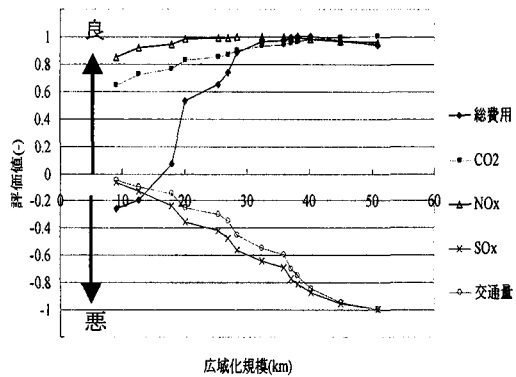


図-18 Case1 の各指標評価値

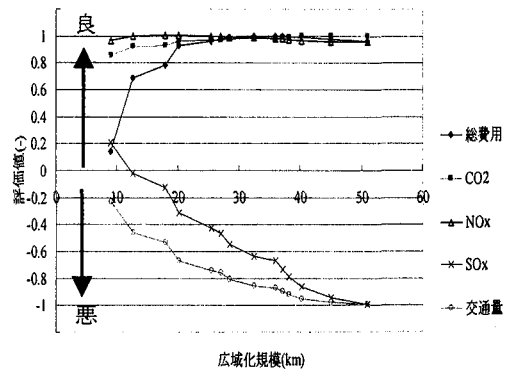


図-19 Case2 の各種指標評価値

ル効率化があり、阻害要因として災害時のリスク、排出源の集中化による統合中心周辺住民の健康被害、および住民反感などがある。ここでは、それらを定量化していないため、完全な評価とは言えないが、取り上げた 5 つの指標だけを用いても、広域化には適正な規模があることが分かった。ここで仮定したケーススタディーの場合、その大きさはせいぜい統合中心から 20~30km の広域化規模であった。

ダイオキシンの削減は、炉の改修や排ガス処理装置の設置などに費やす費用を考慮する必要がある。資源化ごみについては分別収集の有無によって輸送距離が大きく変わる。これらの指標については今後検討していく必要がある。

また、健康被害、住民反感などは实际的に広域化を妨げる要因と考えられるが、本研究で提案した交

通量の推定をもとにアプローチ可能であり今後の課題としたい。これらは広域化を評価する上では必要な要素である。

7. おわりに

本研究により、廃棄物広域化に関して次のようなことが分かった。

- ・ 大都市圏、一都市どちらにおいても広域化効果は大きい、交通量増加が大きな阻害要因となる
- ・ 中心都市の周辺に人口の小さい都市が点在しているときは、中心都市に廃棄物処理事業を統合するような広域化がよい

今後の課題としては、

- ・ 再資源化・最終処分までを考慮する
- ・ 経済損失評価の精度を上げる
- ・ 環境負荷の集中による周辺住民への影響や、災害時のリスクなど扱っていない指標を盛り込む

などがあげられる。

参考文献

- 1) 和田泰宣：一般廃棄物中間処理広域化代替案の経済・環境評価ーリサイクル率の将来変化を考慮してー、京都大学修士論文，2000。
- 2) 谷口正修，中野加都子，三浦浩之，和田安彦：ごみ広域処理の環境負荷の低減に関する研究，第11回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp. 168-170，2000。
- 3) 中野加都子，三浦浩之，和田安彦，谷口正修：広域ごみ処理システムの導入による環境負荷低減に関する研究，Vol. 13，No. 6，廃棄物学会論文誌，pp. 351-360，2002。
- 4) 小笠原洋介，辻岡信也，森杉雅史，井村秀文：一般廃棄物の広域処理のコストと環境負荷に関する研究，第30回環境システム研究論文発表会講演集，pp. 254-264，2002。
- 5) 羽原浩史，松藤敏彦，田中信壽，井上真智子：コストおよびエネルギー消費量による一般廃棄物広域化の比較に関する研究，環境システム研究論文集，pp. 323-332，2002。
- 6) 警察庁：http://www.npa.go.jp/police_j.html
- 7) 東京都：<http://www.metro.tokyo.jp/>
- 8) 大阪府：http://pref.Osaka.jp/kotsudoro/p_and_r/
- 9) 伊吹山四郎：交通量の予測，交通工学実務双書第2巻，技術書院，1986。
- 10) 大蔵泉：交通工学，土木系大学講義シリーズ16，コロナ社，1993。
- 11) 中村英夫，道路投資評価研究会：道路投資の社会経済評価，東洋経済新報社，1997。
- 12) 兵庫データランド：<http://web.pref.hyogo.jp/toukei>

A Study on the Scale of Waste Centralized Treatment from the viewpoints of Environmental Impacts, Traffic Loads and Total Cost

Tsutomu SASAKI, Takeshi FUJIWARA and Yuzuru MATSUOKA

Waste centralized treatment in aggregated area is effective in control of dioxins emission, waste recycling, minimization of treatment costs and environmental impacts. Since the amount of environmental impacts and traffic loads depend on population distribution in the target area, the best size of target area is supposed to exist. In this study, we developed an evaluation model for the waste centralized treatment, and represented the change in each evaluation factor, such as total cost, environmental impacts (CO_2 , NO_x and SO_x) and traffic loads, as a function of the area aggregation size. Moreover, the best aggregation size for virtual target area with typical population distribution was evaluated.