

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

An Impact Analysis of Designing Larger Political Treatment District about General Waste Cleaning System
in terms of Cost Efficiency and Environmental Load

小笠原 洋介¹

辻岡 信也²

森杉雅史²

井村秀文²

Yosuke OGASAWARA

Shinya TSUJIOKA

Masafumi MORISUGI

Hidefumi IMURA

ABSTRACT : To meet the emergency of scarcity of landfill, necessity to proceed recycling, and dioxin problem, there could be the provision of larger designated local governmental district. Therefore, this study takes Nagoya City's waste clean business as a case study, then evaluate political impact of widening districts in aspects of cost efficiency and environmental load. As a result, it is found that current waste disposal system is insufficient about energy effective utilization, moreover, is also remarkable disutility especially for less populated regions. In general speaking, widening district accompanies with incineration capacity larger, so realizing more effective way of waste disposal is possible. However, there seems there exists upper limit of the scale, that it may turn to be worse off if the planner set the district larger than that.

KEYWORD ; General Waste, Cost Efficiency, Environmental Load, Large District of Waste Treatment

1. 1 序論

これまで一般廃棄物の処理は市町村固有の事務として、市町村（一部衛生組合）単位で行われてきた。しかし、ごみの排出量の増大等により最終処分場の確保が難しくなってきたことや、ダイオキシン対策を目的とした高度な環境対策の必要性が高まっていることから、より適切なごみ処理を推進するため、新たな処理システムの構築が求められている。従来から行われてきた市町村などによる自区内処理では、焼却施設などに対する高度な環境保全対策や公共事業のコスト削減が困難であるため、これらの課題を解決する手法として、隣接する市町村が連携し、より広い区域でごみ処理を共同で行う「ごみ処理の広域化」が有効であると考えられている。広域化の利点は、公共事業の費用縮減、余熱利用の推進、ダイオキシン類の削減、リサイクルの推進の4点が主に上げられる。

平成9年5月、厚生労働省（旧厚生省）は、「ごみ処理の広域化計画について」を各都道府県に通知し、それを受け、愛知県においても平成10～19年の10年間を期間とし、広域化計画の策定を行っている。

1. 2 本研究の目的

そこで本研究では、愛知県のごみ処理事業をケーススタディとして、費用と環境負荷(CO₂ 排出量、NO_x 排出量、エネルギー消費量)の両サイドからの一般可燃ごみ処理事業の実態分析、および広域化計画の影響評価を行うものとする。また、県の計画している広域化のみならず、様々な規模で広域化を行った場合も考え、環境負荷面から見た最適システム、費用面から見た最適システムについて分析を行う。なお、本研究では一

¹ 富士通エフ・アイ・ピー株式会社 Fujitsu FIP Corporation

² 名古屋大学大学院環境学研究科 Graduate School of Environmental ,Nagoya University

般廃棄物の可燃ごみを対象としている。

2 愛知県のごみ処理の現状分析

現在、愛知県には全部で 88 の市町村があるが、その中でごみ処理事業を単独で行っているのは 12 市町村にすぎない。その他の市町村に関しては、名古屋市の様に周辺の 5 つの町から委託されている市や、幾つかの市町村が集まって衛生組合を作り、共同で処理している地域もある。従って、本研究ではこの焼却処理地域を基本に (図-2.1)、県内の全 88 の市町村を 32 地域にまとめて、収集運搬、中間処理、最終処分

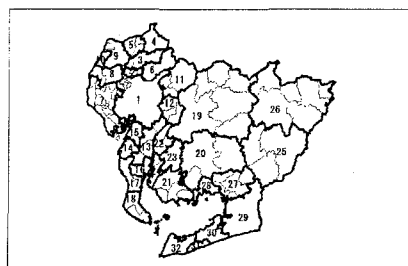


図-2.1 現在の焼却処理主体 (32 地域)

(1) 収集運搬

環境負荷量の算出は走行距離、つまり消費燃料量(軽油)に依存する。そこで本研究では石川氏のグリッドシティーモデル¹⁾を用いて走行距離(式 2.1)と収集車台数(式 2.2)を算出する。

$$D = \xi \cdot \left(\frac{W}{q} + f \cdot \sqrt{N} \right) \cdot \sqrt{A} \quad (\text{式 2.1})$$

D : 収集距離

[m/年]

ξ : 屈曲補正係数

W : 年間廃棄物排出量[kg/年]

q : 最大積載量[kg]

N : ステーション数

f : 年間収集回数[1/年]

A : 可住地面積[m²]

$$M = \frac{1}{F \cdot t^D} \left\{ \xi \frac{\sqrt{A}}{V_p} \left(\frac{W}{q} + f \cdot \sqrt{N} \right) + f \cdot t_L \cdot N + \frac{W}{k} \right\} \quad (\text{式 2.2})$$

M : 収集車の台数

F : 焼却施設の稼働日数[日/年]

t^D : 収集車の 1 日の当たり稼働時間[s/日]

V_p : 収集車の走行速度

t_L : ステーション当たりロス時間[s]

k : 積み込み速度[kg/s]

なお、石川氏の研究結果から、屈曲補正係数は 1.52、 V_p は 8.75[m/s]、 t_L は 12.1[s/ステーション]、 k は 0.361[kg/s]とした。焼却施設が全連続炉か准連続炉 (又はバッチ式) かに応じて、 F をそれぞれ 350、313[日]

表-2.1 費用と環境負荷の算出方法

	費用		環境負荷
	運営費	減価償却	
収集運搬	全国一般	グリッドシティーモデル	
焼却処理	廃棄物実	名古屋市の4工場をモデルに算出	
最終処分	態調査	名古屋市のデータをもとに算出	

表-2.2 CO₂ 排出量原単位

		CO ₂ 排出原単位
車両購入	[t-CO ₂ /百万円]	2.896
(焼却)施設建設	"	3.664
電力	[kg-CO ₂ /kWh]	0.384
都市ガス	[kg-CO ₂ /m ³]	1.991
灯油	[kg-CO ₂ /kl]	2528
重油	"	2698
軽油	"	2644
一般廃棄物	[kg-CO ₂ /t]	2.442

表-2.3 NO_x 排出量原単位

		NO _x 排出原単位
電力	[kg/kWh]	2.92×10^{-4}
都市ガス	[kg/m ³]	1.71×10^{-3}
灯油	[kg/kl]	1.7
重油	"	3.63
軽油	"	2.25
一般廃棄物	[kg/t]	1.3

表-2.4 エネルギー消費量原単位

		エネルギー消費量
車両購入	[Mcal/百万円]	11120
(焼却)施設建設	[Mcal/百万円]	11360
電力	[Kcal/kWh]	2250
都市ガス	[Kcal/m ³]	35.85
灯油	[Kcal/kl]	8.9×10^6
重油	"	9.6×10^6
軽油	"	9.2×10^6

/年]とし、 t^D については1日8時間稼動(28800[s/日])とした。また軽油は80[円/l]、収集車の購入費を900[万円/年]、償却期間を6年、燃費は4.5[km/l]に設定した。

(2) 焼却処理

環境負荷は、廃棄物と補助燃料を燃焼させた場合に発生するものと、使用電力量に起因するものを

表-2.5 名古屋市の焼却処理場の廃棄物1tあたり原単位

	建設年度	処理能力 [t/日]	CO ₂ 排出原単位 [kg-CO ₂ /t]	NO _x 排出原単位 [kg-NO _x /t]	エネルギー消費原単位 [Mcal/t]	発電効率 [kwh/t]
山田工場	1985	450	5.820	1.303	17.072	185.4
富田工場	1988	450	6.494	1.303	18.456	280.8
南陽工場	1997	1500	5.963	1.043	17.526	305.9
鳴海工場	1970	450	14.108	1.309	66.324	-

考え、エネルギー消費も同様に、補助燃料と電力量に応じて求めるものとする。しかし、県内全45の焼却施設各々の補助燃料量と使用電力量、発電量に関するまとまった詳細なデータはなく、名古屋市の山田工場、富田工場、南陽工場、鳴海工場の4施設しか入手できなかったため、他の施設はこれらのデータをもとに算出する。具体的には鳴海工場には発電設備がないので、発電が行われていない施設に関しては発電施設がない鳴海工場を、発電設備のある施設に関しては、その建設年度に応じて、1988年以前のは山田工場を、1988年以降に建設されたものは富田工場をそれぞれモデルとする。なお、南陽工場は他の施設に比べ規模が格段に大きいため、モデル施設としては除外している。

次に各モデル施設における焼却原単位(廃棄物を1t焼却する際に発生する環境負荷量、エネルギー消費量)を求め(表-2.5)、それを施設毎の焼却量に乗ずることにより、各施設の環境負荷量及びエネルギー消費量を求める。また、ごみ発電による売電の削減効果も考慮する必要がある。発電量の30%は施設内で利用し、残りの70%を売電するものとし、(一般の電力会社が)売電分の電力を発電する際に発生する環境負荷量およびエネルギー消費量を削減効果とする。

減価償却費は、愛知県統計年鑑に各施設毎の総事業費が掲載されているので、建設年度に応じて補正係数を乗ずる事により現在換算し、償却期間を30年として求めた。運営費は収集運搬と同様、全国一般廃棄物処理事業実態調査から算出したものを用いた。

(3) 最終処分

名古屋市の埋立処分時にかかる使用電気量と使用軽油量から、ごみを1tあたりにかかるCO₂排出量、NO_x排出量、エネルギー消費量を求め、(表-2.6)その値を用いて各最終処分場での環境負荷量を算出した。

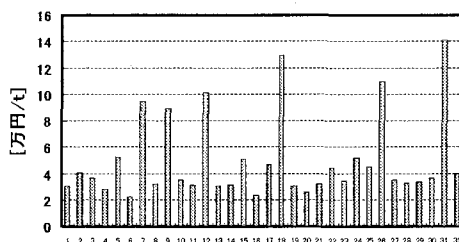
(4) 分析結果

以上の分析を、地域毎ごみ1tあたりに換算し、結果を図-2.2および2.3に示す。(地域番号は図-2.1参照)なおNO_x排出量およびエネルギー消費量は、CO₂排出量に結果が類似しているため掲載を省略した。

グラフから明らかな様に、処理単価およびCO₂排出量ともに非常に地域格差が大きいことがわかる。処理単価が大きな値を示した地域に共通な点は、人口密度

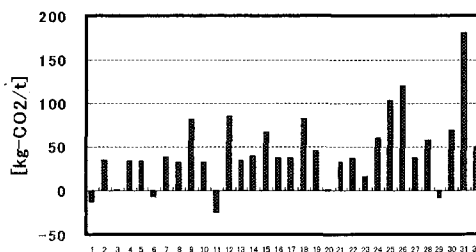
表-2.6 1tあたり埋立時の環境負荷原単位

CO ₂ 排出原単位 [kg-CO ₂ /t]	NO _x 排出原単位 [kg-NO _x /t]	エネルギー消費原単位 [Mcal/t]
4.792	0.003874	22.04



地域番号

図-2.2 ごみ1tあたりの処理単価



地域番号

図-2.3 ごみ1tあたりCO₂排出量

が低い、面積が大きいなどで、小規模でごみ処理を行っている地域である。逆に処理単価が低い地域は、処理ごみ量が相対的に多い地域であった。CO₂排出量に関してもほぼ同様の事が伺えるが、特にこの観点では焼却処理の際に、ごみ発電施設の有無で、結果に大きく影響を与えている。大規模にごみ発電を行っている地域では、収集運搬から埋立処分までトータルの処理単価にしてマイナスになるという地域もあり、地域格差が歴然としている。

ごみ処理を、非効率な地域は効率的に、効率的な地域はより効率的に行うため、その処方の1つとして「広域化」が挙げられる。次章ではこの「広域化」の効果に関して分析を行う。

3 広域化

愛知県が計画している広域化計画の影響評価を行うには、現状との比較のみならず、様々な処理システムと比較をする必要がある。そこで本章では次の2通りのシナリオ分析を行う。

①シナリオ1：～既存の焼却施設の改築～

広域化は実施せず、現在の処理体系を維持したまま、既存の焼却施設を発電施設とダイオキシン対策が整備されたものに改築する。

②シナリオ2：～広域化ブロックの再編～

現在の処理体系（32地域）を、一度に処理能力300[t/日]以上の施設に集約するのではなく、小規模なものから大規模なものへと広域化を徐々に行う。（図-3.1）

広域化ブロックの区割りは次のように設定する。

- ・ 現在の処理地域（32地域）を、ごみの排出量に応じ、順次ブロック化を行う。第1段階では1日当たりの排出量が50t以下の地域を、隣接している地域とブロック化を行う。1回のブロック化でも50t以上ならない場合は再度隣接地域とブロック化を行う。第2段階では80tに設定し、それ以降、100t、150t、200t、250t、300t、350t、400t、500t以上と第10段階まで行う。
- ・ 焼却施設は各地域に1つ設けるものとし、その処理能力は、名古屋市の南陽工場の1500[t/日]を最大値として、その値を越すようなブロック化は行わない。
- ・ 地域のつながりを考慮して、基本的に尾張地域、西三河地域、東三河地域内でのブロック化が形成されるように区割りをを行う。（現在の広域化ブロックを考慮する）
- ・ ごみ処理を行う現在の一部衛生組合を分断するような広域化ブロックの区割りの設定は行わない。

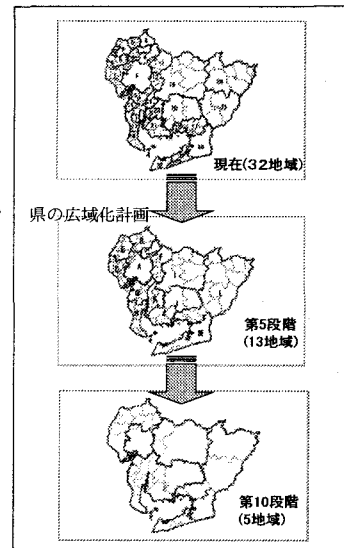


図-3.1 広域化の規模の変化

(1) 収集運搬（シナリオ2）

効率的に収集運搬するため、中継地点を設けた場合を考える。まず現在の収集範囲で収集し、そこで中継輸送用の塵芥用10tトラックに載せ代え、広域化により新たに設置された焼却場で輸送する。中継地点はこれまでであった焼却場の場所とし、今回は中継施設用の建設費等は考慮に入れないものとした。新たに設ける焼却場の位置は、ブロックの中でごみの排出量が最大の地域に設定する。

地域内でのごみ収集時に使用される燃料は、2章で求めた値を用いる。中継輸送での燃料使用量については、まずごみ収集量からそれがトラック何台分かを求め（積載率90%）、それに中継地点からの焼却処理場までの往復分の距離を乗じ、さらに燃費（3[km/l]）で除することにより算出する。トラックの減価償却に関しては、中継地点から焼却場までの距離に応じて1日に2往復又は3往復するとして必要台数を求め、1台当たりの購入費を2750万円、償却期間を6年として算出した。

(2) 焼却処理（シナリオ1および2）

新たな焼却場には全て発電設備を備えたものとし、施設の焼却能力の設定に関しては、現在の1日当たりの焼却量が施設の処理能力の80%にあたるとして設定した。（現状は県平均で61%、50%以下は12地域）

焼却場からの環境負荷の算出に関しては、富田工場（建設年度：1988年）の原単位をもとに算出した。

運営費は全国一般廃棄物処理事業実態調査から、焼却場の建設費は愛知県統計年鑑から、それぞれ回帰分析を行い算出式(式3.1と3.2)を求め、それらを用いて運営費及び建設費を算出した。

$$C_{BM} = 0.021341 \times W_B^{0.903169} \quad (R^2=0.82) \quad (\text{式 3.1})$$

C_{BM} : 焼却運営費[百万円]

W_B : 焼却量[t/年]

$$C_{BB} = 116.0657 \times B_P^{0.678008} \times (e^{dmy1})^{0.692194} \times (e^{dmy2})^{0.347145} \quad (R^2=0.79) \quad (\text{式 3.2})$$

C_{BB} : 焼却場の建設費[百万円]

B_P : 処理能力[t/日]

$dmy1$: ダミー変数（発電設備の有無）

$dmy2$: ダミー変数（ダイオキシン対策の有無）

ここでいうダイオキシン対策とは、排ガス中のダイオキシン類濃度が 1.0[ng-TEQ/Nm3]以下のものを指す。

最終処分に関しては、最終処分場をどこに設置するのか決定が困難であるため、今回は考慮せずに現状の値を用いることとした。

(3) 分析結果

シナリオ分析1および2の結果を図-3.1～3.4に示す。費用（図-3.1）は広域化を進めるにつれ、次第に減

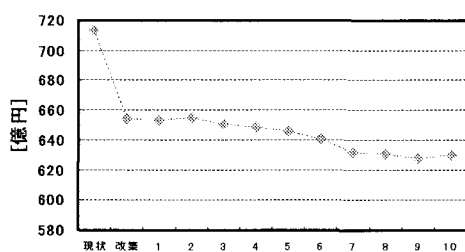


図-3.1 総費用の推移

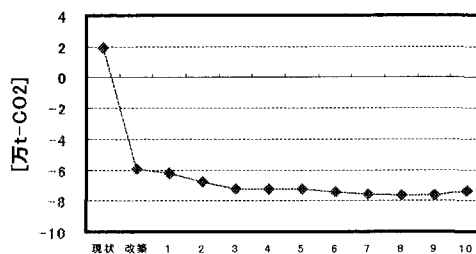


図-3.2 総CO₂排出量の推移

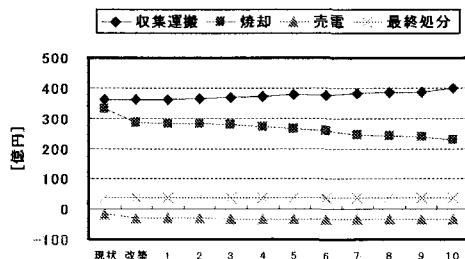


図-3.3 各処理過程の費用

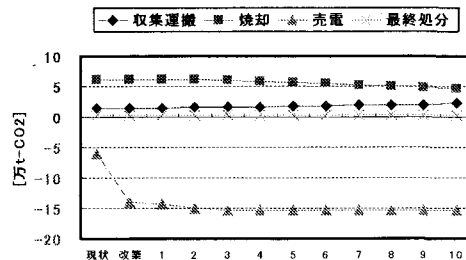


図-3.4 各処理過程のCO₂排出量

少して行くが、第7段階（9地域）以降は減少傾向に陰りが見え、第9段階（7地域）で最小値をとった後、第10段階（5地域）では増加している。CO₂排出量（図3.2）は、費用よりも減少傾向が緩やかであり、シナリオ分析1（改築）の後にはあまり変化が見られない。特に第7段階以降は減少に歯止めがかかり、第8段階（8地域）で最小値をとった後、第9段階からは増加し始めている。これは広範囲に渡る広域化のため、輸送距離の増大による影響が、施設の集約化による削減効果を上回ったためだと考えられる。

また、県の広域化計画（第5段階）と比較すると、費用はまだ約18億円削減可能であり（第9段階）、CO₂排出量ではさらに約3500[t・CO₂]削減され可能であることが判明した（第8段階）。しかしながら、その差はわずかともいえ、必ずしも、広域化の規模を拡大し続けることが有効ではないと考えられる。また既存の処理施設を改築するだけでも十分効果があることもわかった。

4 結論

本研究では、ごみの処理事業の現状分析と、広域化計画の影響を評価するとともに、シナリオ分析にて、様々な規模の広域化の評価を行った。下にその成果を示す。

- 1) ごみ処理の収集運搬、焼却処理、最終処分各過程での環境負荷量の定量化を行った。その結果、都市部で処理量が多い地域ほど、ごみ1tあたりの費用と環境負荷が少ないことが判明した。また、環境負荷量は発電の有無に大きく左右されることもわかった。
- 2) 県の広域化計画では、施設の集約化により、現状より約66億円、CO₂排出量も約92000[t・CO₂]削減可能であることがわかった。
- 3) 広域化せずに既存の施設を改築することも十分効果的ではあったが、規模の小さな焼却場では発電が困難なため、エネルギー回収が有効に行われない。
- 4) 環境負荷の視点からは第8段階（8地域）、費用面からは第9段階（7地域）がそれぞれ最適な処理体系であった。いずれも、県の広域化計画（13地域）よりも、集約化が進んでいる。
- 5) 広域化の規模を拡大し続けることは有効ではなく、総CO₂排出量および総費用は、一度最適な値をとった後、増加に転じ始めることや、第7段階以降はほぼ停滞していることから、県の広域化計画は環境面、費用面から十分評価できるものである。

参考文献

- 1) 石川雅紀（1996）：家庭系一般廃棄物の分別収集の環境及び経済影響に関する理論的分析、第二回エコバランス国際会議 講演集（日本語版）
- 2) 愛知県（2001）：廃棄物処理事業実態調査（平成11年度）
- 3) 石田直美、井熊均（1998）：ダイオキシン問題解決に向けたサーマルリサイクルの推進
- 4) 公共投資総研（1999）：ごみ処理広域化計画（東日本編）、p159
- 5) 田中勝（1996）：廃棄物リサイクルと収集運搬システム、廃棄物学会誌、Vol.7.No.5、pp.422-433
- 6) 名古屋市環境局事業概要（平成13年度）
- 7) 谷川昇・武本敏男・横田久司・舟島正直・浦野鉦平（2000）：低公害ごみ収集車からの大気汚染物質の排出量の評価、廃棄物学会誌、Vol.11.No.4、pp.171-176
- 8) 松藤敏彦・田中信壽（2001）：一般廃棄物処理システムのコスト・エネルギー消費量・二酸化炭素排出量評価手法の提案、土木学会論文集 No.678/VII-19、49-60
- 9) 松藤敏彦（2000）：廃棄物処理システムとLCA、社会資本整備に関わるLCA手法の体系化と環境評価の総論
- 10) 三浦浩之、中野加都子、和田安彦、村田治、藤井亮（1999）：都市循環システムにおけるエネルギーネットワークの構築、土木学会論文集 No.636/VII-13、49-59