

# 廃棄物処理広域化地域への都市の規模が及ぼす 影響に関する研究

野浪 志太<sup>1</sup>・Phengpaseuth Souksavanh<sup>2</sup>・後藤 尚弘<sup>3</sup>

<sup>1</sup>非会員 豊橋技術科学大学大学院 環境・生命工学専攻 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)  
E-mail:y133441@edu.tut.ac.jp

<sup>2</sup>非会員 豊橋技術科学大学大学院 環境・生命工学専攻 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)  
E-mail:p143447@edu.tut.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 豊橋技術科学大学大学院 環境・生命工学系 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)  
E-mail:goto@ens.tut.ac.jp

廃棄物の広域処理は、ダイオキシン類の発生抑制や資源リサイクル等の推進、処理経費や環境負荷量の削減に効果的であると言われているが、その効果は、広域処理を行う地域や都市規模によって異なってくることが予想される。本研究では廃棄物広域処理の一般的なあり方を提案することを目的とし、その前段階として現在の愛知県における廃棄物広域処理地域を例として取り上げ、廃棄物収集・運搬・焼却にかかる費用及びこれらの過程で発生するCO<sub>2</sub>量を推計し、現広域化計画について評価を行った。その結果名古屋ブロックを構成する比較的小規模な都市において、広域処理による処理コストの大きな縮減効果があったと思われる。しかし人口減少が顕著に見られる海部津島ブロックにおいては、広域化ブロックの再編について考える必要が有るといえる。

**Key Words :** *Waste centralized treatment, Area expansion, Environmental impact, Treatment cost, Urban scale*

## 1. はじめに

ごみ処理のコスト低減や熱回収等の観点から全国的に一般廃棄物処理の広域化が、国や県の主導で進められている。広域化はダイオキシン類の発生抑制や焼却残渣の高度処理、マテリアルリサイクルやサーマルリサイクルの推進やごみ処理事業のコスト縮減といったメリットを生み出す一方で、広域化を担当する市町村は用地の確保や市町村間の調整、住民説明や環境影響等の様々な課題に直面している。

本研究の対象地域である愛知県においては、平成10年度から後の10年間を計画期間とする「愛知県ごみ焼却広域化計画」を策定し、ダイオキシン類削減対策を再優先に行ってきたところである。しかし市町村合併の進展や社会情勢・経済の変化にともない市町村間で一部不都合が生じていることなどから、様々な方面での計画の見直しが必要となってきた<sup>1)</sup>。

これまでに報告された広域化やごみ収集・運搬に関する先行研究において様々な知見が得られてる。松中ら<sup>2)</sup>は、都市形態の相違が処理費用や施設配置に及ぼす影響

について言及し、さらに松中ら<sup>3)</sup>実証的研究において広域化によって費用低減が可能になるということを示した。

本研究では、広域化の及ぼす様々な功罪を評価することにより持続的な廃棄物処理システムを提案することを最終目的とする。その前段階として、広域化に参加する市町村の関係性、特に広域化ブロックを形成する都市規模に注目して評価を行う。

## 2. 研究方法

本研究では第2次愛知県ごみ焼却処理広域化計画<sup>1)</sup>に分類される県下13の広域化ブロックを対象に、一般廃棄物の収集・輸送パートと焼却パートの2つに分け、それぞれに於ける処理コスト及びCO<sub>2</sub>排出量(環境負荷量)を推計し比較・検討を行った。一般廃棄物の収集・輸送パートは石川<sup>4)</sup>のGrid City Modelなどの先行研究を参考にし、焼却パートは松藤<sup>5)</sup>の都市ゴミ処理システム評価ソフトを参考に推計した。考察の比較基準として、計画書中にて広域化が成功したと位置づけられているブロックのごみ処理体制及び2013年時点のごみ処理体制を設けた。

また比較対象として、2013年度以前の処理体制及び今後の処理処理体制案を置き、それらを基に推計し比較検討を行った。

以下に処理コスト及び環境負荷量の推計のために用いた人口データ、ごみ排出源単位ならびに推計式を次に示す。

### (1) 都市モデル

対象地域に対して、石川<sup>4)</sup>のGrid City Modelに習い図-1に示すメッシュ地図（1メッシュ：1km×1km）を作成し、各メッシュに対象地域の市町村区の有する平均的な人口密度を配置した仮想都市を作成した。仮想都市内で発生する廃棄物は、収集日毎に平均的に発生するという条件で推計した。（表-1、表-2）廃棄物収集・輸送時の走行距離（ $L_T$ ）、実働時間（ $T_T$ ）、燃料消費量（ $F_T$ ）などは、この仮想都市上に創りあげた格子状の座標軸上で廃棄物輸送を行う際の動き及び各メッシュ内で廃棄物収集・輸送にかかる動きを基に推計を行った。（図-2）

走行距離などの推計結果から、処理コスト及び環境負荷量の推計・評価を行った。

### (2) 推計に用いたパラメータ

本研究で推計に用いた人口及び廃棄物排出源単位のデータを表-1に示す。これらは各市町村ホームページ、各市・各広域化ブロックにおける廃棄物処理計画書ならびに都市計画書などから引用した。また各市の将来的な人口予想値は人口問題開発研究所統計資料<sup>5)</sup>より引用した。また、基準年を2013年とした。

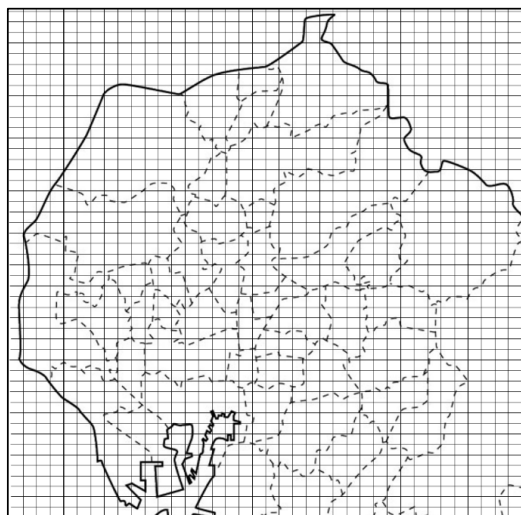


図-1 愛知県北部メッシュ地図

### (3) 推計式

本研究で用いた推計式は、松藤<sup>6)</sup>の都市ゴミ処理システム評価ソフト及びFujii *et al.*<sup>7)</sup>を参考にした。

式1に処理コストの推計に用いた式を示す。処理コスト（ $TC$ ）はごみ収集・輸送及び焼却にかかる人件費（ $PE$ ）、ごみ収集・輸送に必要な収集車輛購入費（ $VE$ ）、ごみ収集・輸送時に必要な燃料費（ $FE$ ）、焼却施設の補修にかかる施設補修費（ $CM$ ）及び焼却施設運転にかかる施設運転費（ $CR$ ）の5項目を評価の対象とした。

$$TC = PE + VE + FE + CM + CR \quad (1)$$

$CO_2$ 排出量推計に用いた式を式2に示す。総 $CO_2$ 排出量（ $TCO_2$ ）は、廃棄物収集車走行時に発生する $CO_2$ 量（ $VRCO_2$ ）、焼却施設補修時に発生する $CO_2$ 量（ $ICO_2$ ）及び焼却施設運転時に発生する $CO_2$ 量（ $FRCO_2$ ）の3項目を評価の対象とした。

$$TCO_2 = VRCO_2 + ICO_2 + FRCO_2 \quad (2)$$

種々のコスト換算時及び $CO_2$ 排出量換算時に用いた係数（表-3）は、松藤<sup>9)</sup>などを参考にした。また推計値の分配は、各市町村の廃棄物発生量から案分した。

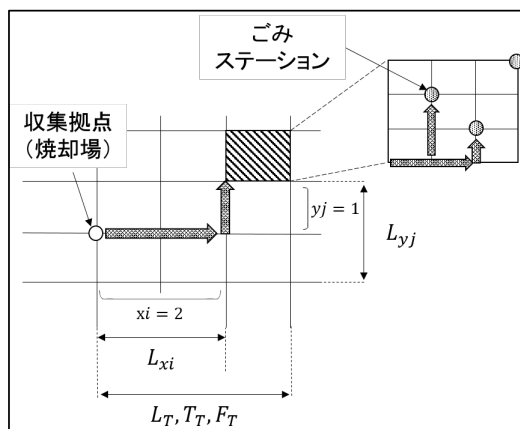


図-2 仮想都市上の廃棄物収集・運搬経路

表-1 都市データ

| ブロッ<br>ク名 | 都市名  | 2001-2009<br>(広域化実施前) |           | 2013<br>(基準年) |           | 2020   |           | 2030   |           | 2040   |           |
|-----------|------|-----------------------|-----------|---------------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|
|           |      | 人口                    | 排出源<br>単位 | 人口            | 排出源<br>単位 | 人口     | 排出源<br>単位 | 人口     | 排出源<br>単位 | 人口     | 排出源<br>単位 |
| 名古屋       | 名古屋  | 229.61                | 185.60    | 225.78        | 185.60    | 227.81 | 185.60    | 220.41 | 185.60    | 200.81 | 185.60    |
|           | 北名古屋 | 8.41                  | 235.06    | 8.14          | 142.65    | 8.41   | 209.51    | 8.32   | 209.51    | 8.09   | 194.18    |
|           | 豊山   | 1.51                  | 235.06    | 1.41          | 182.19    | 1.49   | 213.16    | 1.47   | 213.16    | 1.44   | 213.16    |
|           | 清須   | 6.73                  | 160.05    | 6.52          | 157.84    | 6.72   | 173.01    | 6.65   | 173.01    | 6.48   | 173.00    |
|           | 甚目寺  | 4.63                  | 151.56    | 5.42          | 151.56    | 4.58   | 151.56    | 4.35   | 151.56    | 4.06   | 151.56    |
| 尾張<br>北部  | 岩倉   | 4.86                  | 190.90    | 4.79          | 180.30    | 4.58   | 160.60    | 4.29   | 160.60    | 3.91   | 160.60    |
|           | 小牧   | 15.34                 | 167.50    | 15.33         | 162.90    | 14.42  | 157.00    | 13.67  | 153.30    | 12.64  | 153.30    |
|           | 犬山   | 7.56                  | 166.40    | 7.48          | 159.30    | 7.43   | 152.10    | 7.06   | 151.90    | 6.60   | 151.90    |
| 春日井       | 江南   | 10.17                 | 162.60    | 13.12         | 142.40    | 9.72   | 152.10    | 9.14   | 151.90    | 8.42   | 151.90    |
|           | 大口   | 2.21                  | 152.10    | 2.28          | 144.90    | 2.32   | 152.10    | 2.32   | 151.90    | 2.28   | 151.90    |
|           | 扶桑   | 3.36                  | 172.20    | 3.41          | 178.90    | 3.39   | 152.10    | 3.31   | 151.90    | 3.19   | 151.90    |
| 海部<br>津島  | 春日井  | 30.06                 | 260.60    | 30.98         | 262.90    | 31.09  | 253.20    | 30.37  | 253.20    | 29.06  | 253.20    |
|           | 愛西   | 6.65                  | 175.50    | 6.61          | 200.00    | 6.15   | 195.00    | 5.61   | 195.00    | 5.01   | 195.00    |
|           | 弥富   | 4.21                  | 175.50    | 4.44          | 200.00    | 4.28   | 195.00    | 4.10   | 195.00    | 3.86   | 195.00    |
| 尾張<br>西部  | 飛島   | 0.45                  | 175.50    | 0.45          | 200.00    | 0.40   | 195.00    | 0.36   | 195.00    | 0.31   | 195.00    |
|           | 津島   | 6.61                  | 175.50    | 6.61          | 200.00    | 6.61   | 195.00    | 6.61   | 195.00    | 6.61   | 195.00    |
|           | 蟹江   | 3.75                  | 175.50    | 3.75          | 200.00    | 3.55   | 195.00    | 3.33   | 195.00    | 3.04   | 195.00    |
| 尾張<br>西部  | あま   | 4.64                  | 175.50    | 4.73          | 200.00    | 4.00   | 195.00    | 3.80   | 195.00    | 3.59   | 195.00    |
|           | 大治   | 2.70                  | 175.50    | 3.03          | 200.00    | 3.11   | 195.00    | 3.13   | 195.00    | 3.10   | 195.00    |
|           | 稲沢   | 13.69                 | 217.90    | 13.87         | 211.70    | 13.15  | 177.80    | 12.26  | 171.90    | 11.18  | 171.90    |
|           | 一宮   | 37.84                 | 327.86    | 38.64         | 221.00    | 37.47  | 162.00    | 35.75  | 162.00    | 33.55  | 162.00    |

単位：人口[万人]，排出源単位[kg/人/年]

表-2 処理コスト・CO<sub>2</sub>排出量換算係数

| 項目               | 単位      | 値     |
|------------------|---------|-------|
| 廃棄物収集回数          | 回/週     | 2     |
| ごみステーション人口       | 人       | 50    |
| 収集車作業員           | 人/台     | 2     |
| 作業員実働時間          | h/人     | 6     |
| 積み込み作業速度         | kg/sec. | 0.77  |
| ごみステーション準備時間     | sec.    | 16.7  |
| ごみ積み下ろし時間        | sec/台   | 600   |
| 収集車売却年数          | 年       | 7     |
| 収集車重量            | kg      | 3500  |
| 収集車実積載量          | kg      | 1400  |
| 燃料消費率（積み込み作業時）   | L/min.  | 0.011 |
| 燃料消費率（メッシュ内）     | L/t/km  | 0.053 |
| 燃料消費率（メッシュ間移動時）  | L/t/km  | 0.040 |
| ステーション間移動速度      | m/sec.  | 2.80  |
| 焼却施設 - メッシュ間移動速度 | m/sec.  | 11.11 |

表-3 処理コスト・CO<sub>2</sub>排出量換算係数

| 項目         | 単位<br>(*)      | CO <sub>2</sub> 排出量<br>kg-C/* | 価格<br>円/* |
|------------|----------------|-------------------------------|-----------|
| 電力         | kWh            | 0.129                         | 20        |
| 重油         | L              | 0.705                         | 34        |
| 軽油（焼却時）    | L              | 0.74                          | 57        |
| 軽油（収集車）    | L              | 0.74                          | 120       |
| 苛性ソーダ      | t              | 150                           | 70800     |
| 硫酸         | t              | 28                            | 23800     |
| 次亜塩素酸ソーダ   | t              | 52                            | 266700    |
| 集塵灰処理用キレート | t              | 725                           | 450000    |
| 洗煙排水処理用薬品  | t              | 136                           | 359700    |
| アンモニアガス    | t              | 185                           | 23000     |
| セメント       | t              | 225                           | 12000     |
| 消石灰        | t              | 299                           | 20000     |
| 水道水        | m <sup>3</sup> | 0.175                         | 300       |
| 浸出水処理薬     | m <sup>3</sup> | 0.029                         | 1800      |
| 水硫・酢酸ソーダ   | t              | 52                            | 267000    |
| 塩化鉄・高分子凝集剤 | t              | 136                           | 360000    |
| 塩酸         | t              | 150                           | 24000     |
| 石灰石        | t              | 100                           | 67000     |

### 3. 結果・考察

図-3に愛知県北部広域化ブロックの廃棄物収集・運搬・焼却にかかるコスト推計結果を示す。特に大きな変化が見られた地域は広域化が進展している名古屋市中心とする名古屋ブロックであり、2020年度時の廃棄物処理体制においては基準年度比13.2%コスト縮減があると推測される。一方、小規模都市（北名古屋市、豊山町）が広域化に参加したことによって廃棄物処理体制が変化したことにより2.2%のコスト増大があったと考えられる。

図-4に名古屋ブロックのコストの内訳を示す。廃棄物運搬距離の縮減がブロック全体のコスト縮減に大きな影響を与えていることがわかる。2020年時点の名古屋ブロックは、現在焼却処理をしている焼却施設のうち地域最大規模である焼却施設を閉鎖し、設備更新を終えた2つの焼却場が焼却に参加し5焼却場運転体制で処理することになっている。この処理体制の変化に伴って、焼却施設への廃棄物運搬距離の短縮が可能となった。そのため廃棄物収集・運搬・焼却にかかる総コストの大きな縮減が可能になると予想される。

以上の点から、本研究で評価対象として取り上げた項目において最もコスト縮減効果が大きい因子は収集時の人件費であり、効率的な廃棄物輸送システムの検討が必要であると言える。

一方で縮減しにくいコストとして焼却施設の設置・整備・運転といった部分が挙げられる。これは廃棄物発生量、また人口減少といった要因に依存せず恒常的に発生するコストである。その焼却時のコストにのみ注目して図-4を見ると、2020年度時のコストは基準年比7.5%増大することが予想される。これは焼却施設設置数の増加によって施設運転費が増加したためである。焼却にかかるコストのうち施設運転費の占める割合は相対的に高くまた潜在的に発生している費用であるため、焼却コストの増大は避けられないであろう。

ここで名古屋ブロックを形成する小規模都市、特に北名古屋市・豊山町の2市町に関して広域化の恩恵を見てみると、2020年度時の廃棄物処理体制において基準年度比37.5%、75.0%のコスト増加があると考えられる。しかし同市町が単独でガイドラインの定める処理を行った場合と比較すると、広域化に参加したことにより同市町は52.4%、50.7%のコスト縮減があると考えられる。

以上の点から名古屋ブロックにおける比較的小規模な都市は、広域化に参加することによって生じる経済的な恩恵が大きく、本来の広域化の目的を再認識できた例であるといえる。

その一方でCO<sub>2</sub>排出量の推移は、ほぼ横ばいであると予想される（図-5）。このように廃棄物収集・運搬・焼却にかかる総コストの推移とは異なる挙動を示したの

は、焼却場運転に起因するCO<sub>2</sub>排出量が相対的に大きいためであると考えられる。よってCO<sub>2</sub>排出量の削減効果を得るためには、廃棄物収集・運搬・焼却の一連のシステムにおいて焼却施設の集約化が重要であると言える。

しかし自然災害や事故といったリスク管理・リスク分散の観点や、交通渋滞・交通事故の懸念といった社会的な不利益な部分も含め、システムの見直しをしていくことも課題といえるだろう。

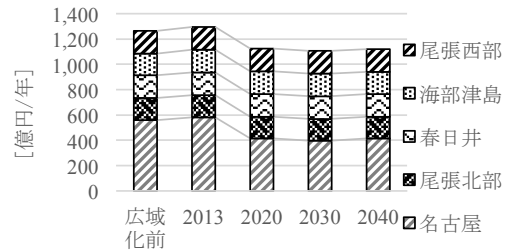


図-3 愛知県北部広域化ブロックの廃棄物収集・運搬・焼却にかかるコスト推計結果

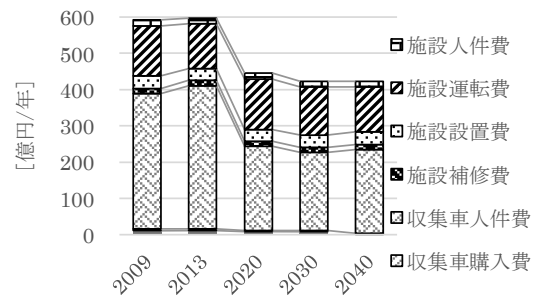


図-4 名古屋ブロックの処理コスト内訳

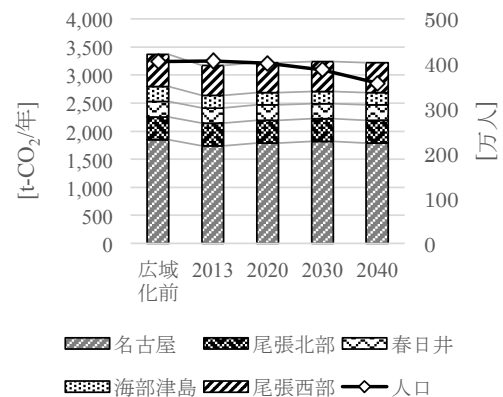


図-5 愛知県北部広域化ブロックの廃棄物収集・運搬・焼却にかかるCO<sub>2</sub>排出量推計結果

#### 4. 課題

今後の課題として、広域化ブロックの再編の検討が挙げられる。

様々な研究分野での先行研究において、人口減少社会・少子高齢化社会について議論されている。こういった人口減少社会は労働生産性を高める働きがあるが<sup>8)</sup>、人口減少社会・少子高齢化社会の進展は、都市のコンパクト化を助長し、都市開発のための地域住民の移住・撤退や一人当たりの財政負担額の増加<sup>9)</sup>が必要となってくるといった知見もある。

本研究対象の広域化ブロックのうち広域化達成と位置づけられている海部津島ブロックの推計結果から、人口減少にともなって処理コストの縮減が見られる一方で一人当たりの廃棄物焼却費用の増加が予想される(図-6)。この傾向はいずれの広域化ブロックにも見られ、特に人口減少が大きいブロックに顕著に現れている。

このような観点からも持続的な廃棄物処理体制を実現できる広域化ブロックの再編は今後の課題となってくると考えられる。

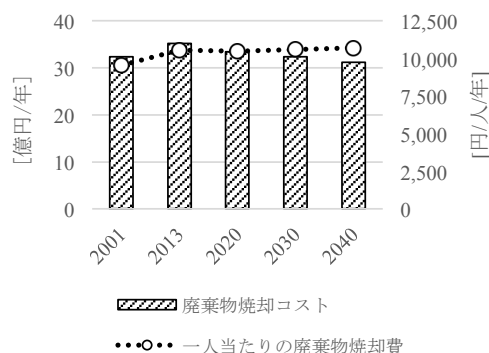


図-6 海部津島ブロックの廃棄物収集・運搬・焼却にかかるコスト推計結果

#### 参考文献

- 1) 第2次愛知県ごみ焼却処理広域化計画(平成20年度～29年度), 愛知県, 2009.
- 2) 松中 亮治, 谷口 守, 板垣 大介: 施設配置を考慮した可燃ごみ収集・運搬計画の最適化に関する研究, 土木計画学研究・論文集, 23, 1, 147-153, 2006.
- 3) 松中 亮治, 谷口 守, 板垣 大介: 一般廃棄物処理計画における収集・運搬の最適化に関する実証的研究 - 岡山市・玉野市を対象として -, 土木計画学研究・論文集, 25, 1, 93-99, 2008.
- 4) 石川 雅紀: 家庭系廃棄物リサイクルの輸送モデル, J. Pack. Sci. Technol., 5, 2, 119-130, 1996.
- 5) 国立社会保障・人口問題研究所資料男女・年齢(5歳)階級別データ『日本の地域別将来推計人口』(平成25年3月推計)  
<http://www.ipss.go.jp/pp-shicyoson/j/shicyoson13/3kekka/Municipalities.asp>
- 6) 松藤 俊彦: 都市ごみ処理システムの分析・計画・調査, 技報堂, 2005.
- 7) Fujii. M., Fujita. T., Ohnishi. S., Yamaguchi. N., Yong. G., Park. H.S.: Regional and temporal simulation of a smart recycling system for municipal organic solid wastes, J. Clean. Prod., 78, 208-215, 2014.
- 8) 原田 泰: 人口減少の経済学, PHP 研究所, 2001.
- 9) 佐藤晃, 森本章倫: 都市のコンパクト化の度合いが維持管理費に与える影響に関する研究, 土木計画学研究・講演集, 40, 22, 2009.

(2016.8.26受付)

## SUTDY ON IMPACT OF THE URBAN SCALE ON AREA EXPANSION OF WASTE TREATMENT

Yukitaka NONAMI, Phengpaseuth SOUKSAVANH and Naohiro GOTO

The area expansion of waste treatment is effective way to control the generation of dioxins, promote the material recycling, and cut down waste treating expense and environmental impact. However, its effectiveness depends on the expansion area and urban scale. This study aims to propose a general appropriate management for sustainable waste treatment. First of all, we evaluated the Aichi prefecture 2nd waste treatment plan for area expansion and estimated at the treating expense, caused from collecting, transporting and burining part, and environmental impact. As a result, it appears that waste treatment expense would be reduced by the area expansion of waste treatment for the smaller scaled cities consisted of Nagoya block. It would be necessary to regroup the area expansion of waste treatment, especially on depopulated area like Ama-Tsushima block.