製造業からの廃棄物発生空間分布の推計

Estimation of Spatial Distribution of Industrial Waste Generation from Manufacturing Industry

田畑智博[1]　後藤尚弘[1]　藤江幸一[1]
Tomohiro TABATA　Naohiro GOTO　Koichi FUJIE

ABSTRACT: One of method to establish recycling society is to reuse and recycle industrial waste. When logistics of waste is taken into account, it is required to estimate spatial distribution of waste generation. Though questionnaire investigation is a proper method to do that, it takes a lot of efforts and recover rate is not so high. The objective of this research is to develop a simple method to estimate spatial distribution of waste generation from each factory by using statistical data. Then basic information for design of waste network among industries would be supplied. For the best estimation we use statistic of waste generation investigation and sales of each factory. In case study, industrial waste generated from manufacture of plastic product in Aichi prefecture was applied this method.
KEYWORD; Industrial Waste, Spatial Distribution, Geographical Information System

1. はじめに

我が国では一般・産業合わせて、平成９年度だけでも約４億７千万tの廃棄物が排出されている。廃棄物の再生利用率（産業廃棄物について平成９年度の実績は約41%）は年々高まっているものの、未だに焼却や埋め立てられる量は多い。しかし焼却施設からのダイオキシンなどの有害物質の排出による地域環境の悪化、処分場建設での住民の反対運動など、廃棄物処理に関して数多くの問題がある。

現在のこのような深刻な状況を改善し人類が持続的な発展を遂げていくためには、排出される廃棄物を再利用及び再資源化して社会に再循環させることが、一つの方法である。これには、地域内における廃棄物発生量を把握する必要がある。特に廃棄物の輸送を考慮する場合、その発生量の空間分布の推計は重要である。

地域からの環境負荷低減を目指すには、各事業所から排出される廃棄物を他の事業所で有効利用する産業ネットワークを地域で構築する必要がある。その為には各事業所からの廃棄物の種類、量等の情報が必要である。しかし、既存の廃棄物実態調査報告では産業全体の産業廃棄物発生量はわかるが、事業所ごとの発生量は不明である。各事業所にアンケート調査を行ない、廃棄物発生量を把握する方法もあるが、多大な労力がかかるとともに、地域の全事業所から回答を得ることは不可能である。その為本研究では既存の統計データから、事業所レベルでの産業廃棄物発生量とその空間分布を簡易に推計する手法を開発することを目的とした。更にケーススタディとして、この手法を用いて愛知県のプラスチック製品製造業からの廃棄物発生量を推計した。

2. 方法

現在容易に入手可能なデータは各自治体が調査する廃棄物実態調査であり、これは産業別の廃棄物の発生量を記述したものである。よって、事業所ごとの廃棄物発生量を推計するために、廃棄物発生源単位を推計

1 豊橋技術科学大学エコロジー工学系 Department of Ecological Engineering, Toyohashi University of Technology

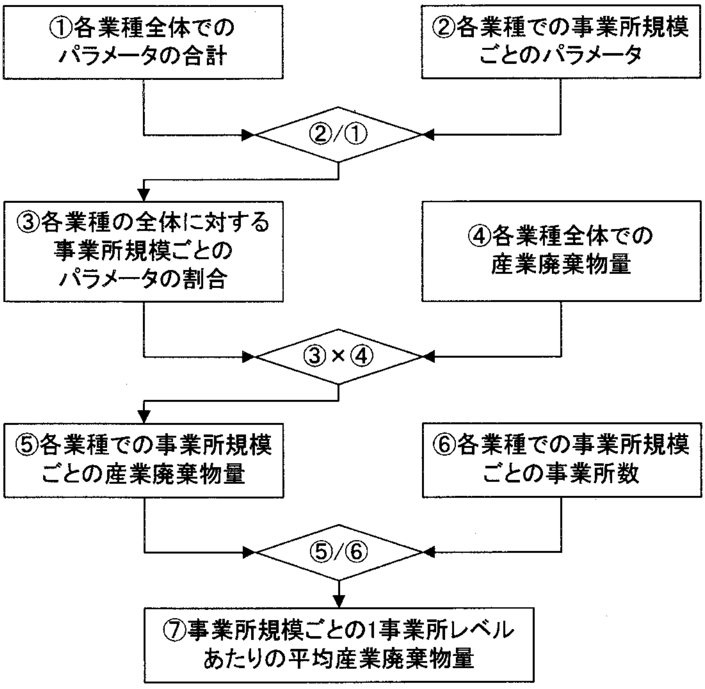
し、これに各事業所の生産額、原材料使用額、従業員数等の各パラメータを乗ずる方法を用いる。この方法をいくつかのパラメータで検討した後、最も有効な推計方法を選択し、ある特定の地域に適用し事業所毎の産業廃棄物発生量を推計した。さらに、各事業所の空間分布を考慮し、地理情報システム(GIS: Geographic Information System)を用いることにより、地域の廃棄物発生の空間分布を推計した。

2.1. 廃棄物発生量の推計方法

製造業各業種の事業所からの廃棄物発生量の推計は、産業全体の廃棄物発生量を事業所規模で比例配分した。推計を行うためのパラメータとして生産額、原材料使用額、従業員数について検討をした。

まず、各業種の事業所を従業員数で 10 の事業所規模に分類し、各事業所規模のパラメータの合計を全事業所のパラメータの合計で割ったものを、全体に対する事業所規模ごとのパラメータの割合とした(**図－1** ②／①)。次にこの割合に各業種の全廃棄物量を乗じ、これを各業種の事業所規模別廃棄物量とした(同 ③×④)。またこれを事業所規模ごとの事業所数で割り、事業所規模別の 1 事業所ごとの平均廃棄物量とした(同 ⑤／⑥)。但し、各業種で、事業所規模が同一の範疇に属する事業所からの廃棄物量は一定であるとした。

対象事業所は、「平成 6 年度あいちの工業(以下、あいちの工業)」、「工場通覧」を参考とした [1),2)]。「工場通覧」では実在する事業所の住所などが掲載されている。また推計を行うためのデータは、「あいちの工業」を参考とした。各業種の全廃棄物量は、「平成7年度愛知県産業廃棄物実態調査報告書(以下、実態調査報告書)」を参考とした [2)]。



図－1 事業所規模での推定のフロー

2.2. 各パラメータを用いた推計

各業種の事業所を各パラメータで分類し、各事業所規模別に廃棄物の発生量を推計する。各業種全体でのパラメータの合計と各事業所規模でのパラメータの比に、その業種の全廃棄物量を乗じたものとする。

製造業全業種の場合でのパラメータの合計は次式となる。

$$X_k = \sum_{i=1} X_{i,k} = \sum_{j=1} X_{j,k} = \sum_{i=1}\sum_{j=1} X_{i,j,k} \tag{1}$$

X_k:各パラメータの合計、$X_{i,k}$:業種別各パラメータの合計、$X_{j,k}$:事業所規模別各パラメータの合計、$X_{i,j,k}$:業種別事業所規模別各パラメータの合計、i:業種、j:事業所規模、k:パラメータ(事業所数、生産額、原材料使用額)。

各業種の事業所規模別の廃棄物発生量は、事業所規模別の各パラメータの割合にその業種での産業廃棄物量を掛けたものとする。但し、「あいちの工業」では業種によっては従業員規模ごとの各パラメータの値が秘匿されている場合がある。その為に事業所規模でのパラメータを用いた推計が困難である。そこで各業種の秘匿されている事業所規模の各パラメータの全事業所に対する割合は、全業種の事業所規模別の各パラメータの全事業所に対する割合に等しいと仮定する。補正した業種 i での事業所規模の従業員数の割合を用いた事業所規模別の産業廃棄物量は次式となる。

$$W_{i,j} = W_i \times \frac{X_{j,k}}{X_k} \tag{2}$$

W_i:業種別産業廃棄物発生量、$W_{i,j}$:業種別事業所規模別産業廃棄物発生量。

また、「工場通覧」では従業員規模が、19 人以下の事業所が掲載されていない。すなわち従業員規模 19 人以下の事業所は個々のデータが存在しない。しかしながら「あいちの工業」では全業種で約 31,000 事業所のうちの約 78%である約 24,000 事業所を占めている。その為、従業員規模 19 人以下の事業所数は『あいちの工業』を参考にした。事業所レベルでの平均産業廃棄物量は次式となる。

$$WF_{i,j} = \frac{W_{i,j}}{F_{i,j}} \tag{3}$$

$WF_{i,j}$:業種別従業員規模別事業所当たりの廃棄物発生量、$F_{i,j}$: 業種別従業員規模別事業所数。
全業種の事業所数 F は次式となる。

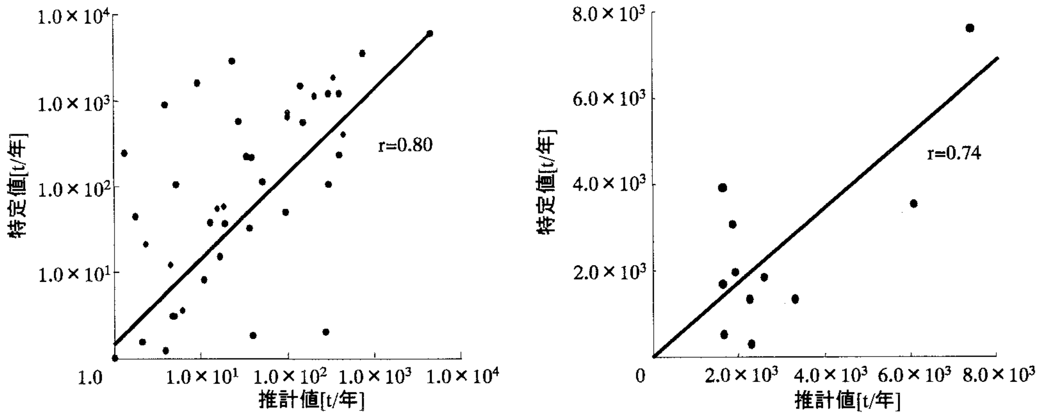
$$F = \sum_{j=1}\sum_{i=1} F_{i,j} \tag{4}$$

2.3. 推計方法の有効性の評価

本研究による廃棄物発生量の推計と個別事業所へのアンケート調査による廃棄物発生量を比較し、どのパラメータを採用することが最も正しく廃棄物を推計できるか検討を行うため、主な製造業における各パラメータによる推計値とアンケートの値との相関を検証した。さらに、これら3つのパラメータを組み合わせた多変量解析についても行った。各推計方法の結果を**表－1** に、主な推定方法の推計の結果を**図－2** に示す。結果より、生産額を用いた推計はよい相関が得られた。従業員数や原材料使用額を用いた推計は、生産額の場合に比べやや相関が低くなった。多変量解析での結果も同様に、生産額の場合よりも相関が低い結果になった。 以上より本研究では相関係数が最も高くなった生産額を、パラメータとして用いる。

表－1 各パラメータを用いた場合の推計値とアンケート調査との相関係数

1 パラメータ	**従業員数** 0.77	**生産額** 0.80	**原材料使用額** 0.75
2 パラメータ	**従業員数×生産額** 0.74	**従業員数×原材料使用額** 0.74	**生産額×原材料使用額** 0.78
3 パラメータ		**従業員数×生産額×原材料使用額** 0.78	



(1) 生産額を使用　　　(2) 生産額、事業所数を使用

図－2 推計方法の結果

3. 結果及び考察

3.1. ケーススタディ

ケーススタディとして、愛知県のプラスチック製造業からの産業廃棄物発生量の推計を行った。プラスチック製造業における生産額及び事業所数を**表－2** に示す[1),2)]。同製造業における産業廃棄物発生量は約 115 千 t/年である[2)]。尚これは愛知県の全製造業から発生する廃棄物量(約 9,800 千 t/年)の内の約 1.2%である。

表－ 2 プラスチック製造業における生産額及び事業所数

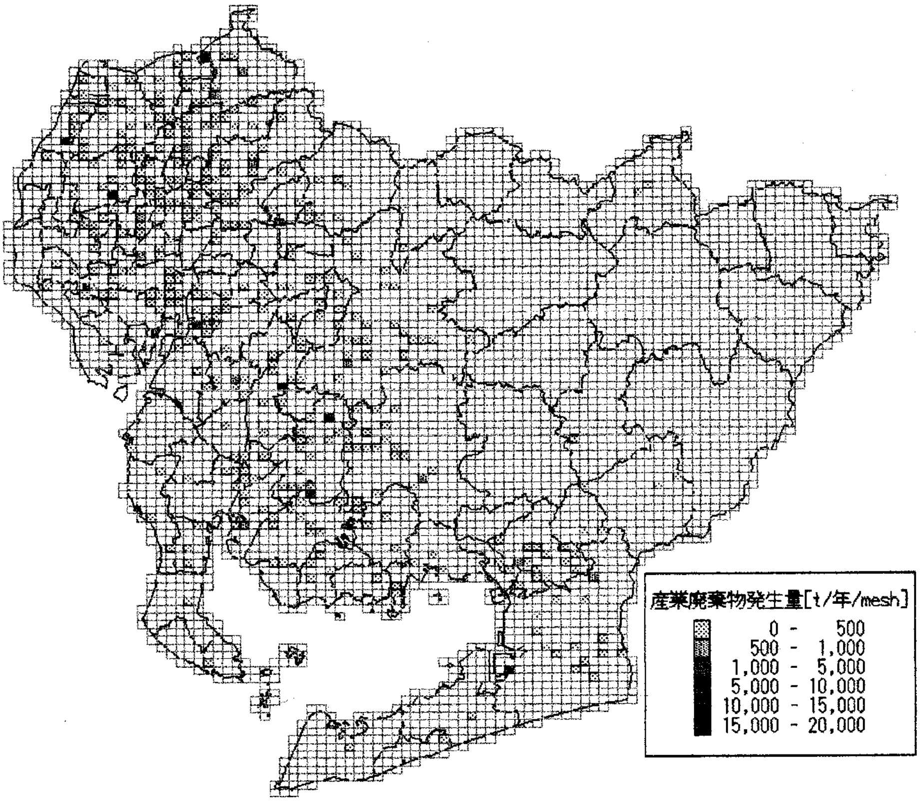
	生産額 [10 億円]	事業所規模 [事業所数]
合計	33,600	2,100
4～9 人	1,200	1,200
10～19 人	1,300	400
20～29 人	1,400	200
30～49 人	1,300	100
50～99 人	2,500	100
100～199 人	2,800	40
200～299 人	1,900	20
300～499 人	2,700	10
500～999 人	3,400	4
1,000 人以上	15,000	3

3.2. 廃棄物発生量の空間分布

以上の推計値より、プラスチック製造業における産業廃棄物発生の空間分布図（1km×1km メッシュ地図、使用したソフト MapInfo*）を作成した。分布図作成のために各事業所の住所が必要である。工場通覧には 19 人以下の事業所に関するデータが掲載されていないので、本研究では従業員規模 19 人以下の事業所の廃棄物発生量の平均を、業種に関係なく従業員規模 19 人以下の事業所レベルでの廃棄物発生量とし、これを愛知県の区市町村ごとに配分するとした。配分したメッシュは各区市町村の区役所、市役所等が存在するメッシュとした。

その結果として、プラスチック製造業における廃棄物発生量の空間分布を**図－3** に示す。一般に事業所は愛

知県西部を中心にして多く存在している。産業廃棄物発生量も主に愛知県西部を中心にして多くなっている。愛知県西部は県内の製造業の約 64%の事業所が存在し、また全体の産業廃棄物の 59%が発生している。



図－3 プラスチック製造業における産業廃棄物発生量の推計空間分布図

3.3. 愛知県各地域の特徴

次に、愛知県の各地域における廃棄物発生量の特徴について考察する。愛知県を西部、中部、中部沿岸部、東南部、北東部の 5 つに分け、愛知県の各地域で特徴的な業種、また各地域間の格差について調べた。**図－4** に愛知県の主な地域を、**表－3** に各地域の総面積と主な都市及び地域について示す。

廃棄物発生量に関して、愛知県各地域でどの業種が特徴的であるかを定量的に解析するため、特化係数を用いる[10]。特化係数 LQ は次式となる。

$$LQ = \frac{Q_{i,k}}{Q_{t,k}} \tag{5}$$

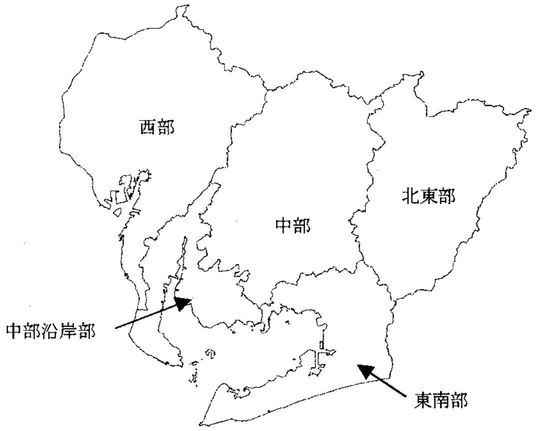
$Q_{i,k}$:業種別地域別の事業所数及び産業廃棄物発生量の比率、$Q_{i,k}$:地域全体での業種別の事業所数及び産業廃棄物発生量の比率、k:地域(k=1～4, 1:西部, 2:中部, 3:中部沿岸部, 4:東南部)

各地域について $LQ>1.0$ であれば、その地域の廃棄物発生量が特徴的な構造を示しているといえる。**表－4** にプラスチック製造業及び同様の方法により推計を行なった主な製造業から発生する産業廃棄物量から見た、各地域の特化係数を示す。プラスチック製造業は愛知県西部、中部で特化係数が 1.0 を越えた。これよりこれらの地域はプラスチック製造業が多く集まっており、その分廃棄物発生が他地域より多いということがわかる。また、

食料品製造業は沿岸部や東南部で、輸送機器製造業は中部・沿岸部・東南部で、鉄鋼業は西部や沿岸部でそれぞれ特化係数が 1.0 を超えていることがわかる。

表－3 愛知県の各地域の概要

	総面積 [km^2]	主な都市及び地域
西部	1,465	名古屋市
中部	1,398	豊田市
沿岸部	471	衣浦工業地域
東南部	664	豊橋市
北東部	1,151	奥三河地域



図－4 愛知県の主な地域

表－4 廃棄物発生量から見た各地域での特化係数

	愛知県全体	西部	中部	沿岸部	東南部	北東部
製造業全体	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
プラスチック製造業	1.00	1.07	1.23	0.70	0.95	0.61
食料品製造業	1.00	0.99	0.68	1.02	1.60	0.75
輸送機器製造業	1.00	0.78	1.76	1.18	1.31	0.84
鉄鋼業	1.00	1.00	0.86	1.41	0.68	0.32

4. まとめ

本研究では地域における産業の事業所レベルでの産業廃棄物量を把握するため、愛知県の製造業各業種の事業所レベルでの産業廃棄物量を推計するための方法の提案、及び推計結果の可視化を行った。本研究による推計手法は個々の事業所からの廃棄物発生量を正確に表すことはできないが、メッシュ地図で表すことにより廃棄物発生分布の傾向を示すことができる。今後はこの推計方法を用いて廃棄物を有効利用するための空間分布を考慮したネットワーク設計手法を開発する予定である。

謝辞

本研究の一部は中電基礎研究所の助成を受けて行われたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

1) 愛知県統計協会:平成 6 年度あいちの工業－工業統計調査結果報告書－, 1998.
2) 愛知県環境部:平成 7 年度愛知県産業廃棄物実態調査報告書, 1996.
3) 通商産業省編:1996～1997 年版全国工場通覧, 日刊工業新聞社, 1996.
4) 大友篤:地域分析入門,東洋経済新聞社, 1997.