

## 広域ごみ処理施設立地選定の一考察について

羽染 久\*  
Hisashi HASOME

立尾浩一\*  
Koichi TACHIO

堀口良太\*\*  
Ryouta HORIGUCHI

岡村寛明\*\*  
Noriaki OKAMURA

横田 勇\*\*\*  
Isamu YOKOTA

仁田義孝\*\*\*  
Yoshitaka NITTA

### 1. はじめに

国はダイオキシン類の排出対策、行財政の効率化、未利用エネルギーの活用等の観点から、複数の市町村が連携してごみを処理する「ごみ処理の広域化」に取り組むことを示したところである<sup>1)</sup>。しかし、広域処理施設の建設にはまとまった敷地が必要であり、これらの敷地確保と周辺住民同意には多大な困難が予想されるところである。従って、広域ごみ処理施設の推進に当たっては、施設の立地場所に関する選定経緯を理論的に説明し、お互いに理解協調することが求められている。

一般的に、ごみ処理施設の立地選定に当たっては、大別すると立地特性、環境特性、経済性の3面があり、具体的には、以下のような項目を総合的に検討しなければならない<sup>2)</sup>。

- 1) 収集運搬の効率
- 2) 周辺条件
- 3) 地形・地質等
- 4) 施設の将来計画
- 5) 土地利用計画等との関係
- 6) 関連施設との位置関係
- 7) 災害等に対する安全性

ごみ処理施設自体が公害要因の排出を含む関係上、施設周辺の生活環境のイメージダウンを恐れ、立地特性や環境特性の方が重んじられる傾向にあるが、立地特性、環境特性等をクリアした候補地の絞り込みの段階では、経済性も大きな決定要因になりうる。

一般に、ごみ処理費用に占める収集運搬費は極めて大きく、5～8割を占めており<sup>3)</sup>、大都市ほどその比率は大きい傾向にある。

特に、ごみ処理が広域化すると収集運搬費は増大するため、処理施設の立地選定に当たっては、経済性を十分に検討する必要がある。

本研究では、経済性の中で大きな要因となるごみの収集運搬効率に着目し、地域の道路交通状況を織り込み、かつ、できるだけ解りやすく、容易に収集運搬効率の最適となる地点を絞り込むプログラムを作成した。また、本プログラムは、費用算出の基礎となる最適立地ゾーンまでの必要車両台数の算出が可能となっている。この結果を、立地特性、環境特性等から絞り込まれたごみ処理施設立地候補地の客観的な評価に適用できれば有意義であると、思われる。

なお、ケーススタディとしてS県Yブロックを取り上げ、プログラムの適用を検証した。また、広域化に当たっては、主にごみ焼却施設の統合化が課題となっているため、ここでは可燃性ごみのみ限定して検討した。

### 2. 立地選定のためのプログラム構成

簡易にごみの収集運搬効率を検討する場合、ごみ量と道路距離(運搬距離)を乗じる方法によって検討できる<sup>4)</sup>。しかしこれは、道路の走行条件が全て一定の場合であり、幹線道路が1本しかなく、渋滞が激しい場合等はこれに交通状況を織り込んで検討する必要がある。

本プログラムは、対象とする地域での可燃性ごみ排出量分布<sup>5)</sup>と地域の道路交通状況<sup>6)</sup>等をもとに、グロスの収集効率が最も良い地区を選定し、その地区にごみ処理施設をおいた場合に必要となるごみ収集運搬車両

\* (財)日本環境衛生センター

\*\* (株)熊谷組エンジニアリング本部

\*\*\* 静岡県立大学大学院

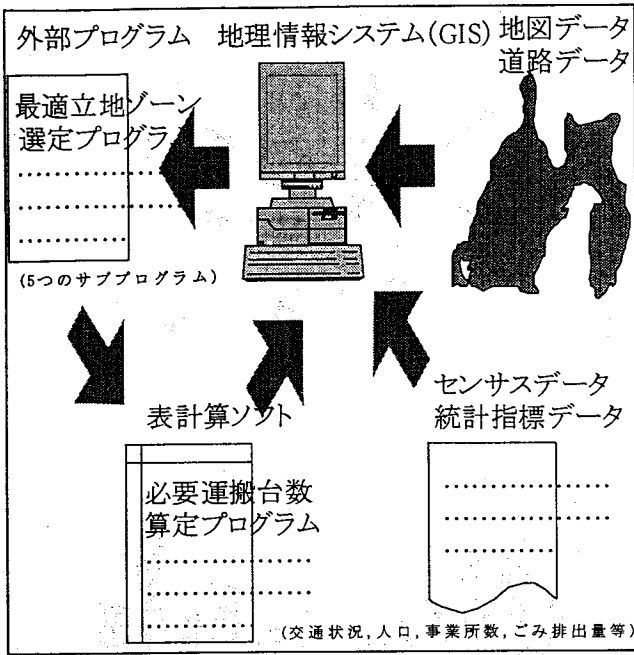


図1 プログラム構成

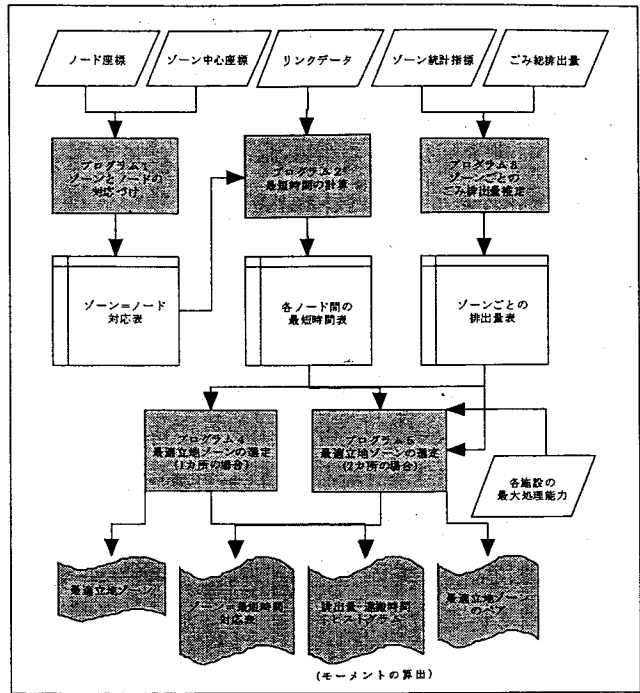


図2 最適立地ゾーン選定プログラムのフロー

の台数を算出するものである。

なお、入力条件や出力結果（最適立地ゾーンまでの到達時間等）が地図情報として見るができるようになっている。

本プログラムはシステムの操作性や利用価値を高めるため、中心に地理情報システム（以下「GIS」という。）を用い<sup>注1)</sup>、さらにいくつかのサブプログラムから構成される（図1参照）。

「GIS」はデジタル道路地図や行政区ゾーンポリゴン<sup>注2)</sup>などの地図データと、ゾーン人口やごみ排出量などの統計指標を一元的に扱い、プログラム結果を表示する。

サブプログラムは主に2つのプログラムに分かれ、一つは「最適立地ゾーン選定プログラム」で「GIS」から出力されたデータを処理する外部プログラムである。このプログラムはさらに5つのサブプログラムから構成される。もう一つは「収集運搬車両台数の算出プログラム」で、これは最適立地ゾーン選定プログラムの計算結果を受け取り、広域処理施設までの収集運搬に必要な車両台数を計算するものである（図1、図2参照）。

注1) 本検討では、GISのアプリケーションソフトとして、MapInfoを用いた。MapInfoはMapInfo Corporationの登録商標である。

注2) 行政ゾーン（町丁目レベル）の形状を表現する多角形の図形データ。

### 3. 各プログラムの概要

前述した各サブプログラムの概要とその考え方を以下に示す。

#### 3・1 最適立地場所の選定プログラム

最適立地場所の選定では「町丁目」を単位ゾーンとして扱い、最適ゾーンを求める。処理手順は以下から構成される。

- 1) ゾーン間の最短到達時間の計算
- 2) ゾーンごとの可燃ごみ排出量の推定
- 3) 最適立地ゾーンの選定（1ヶ所/2ヶ所以上の場合）

#### 1) ゾーン間の最短到達時間の計算

デジタル道路地図と道路交通センサス<sup>注3)</sup>のデータを用いる。まず各「町丁目」ゾーンの中心に最も近い道路点<sup>注4)</sup>（ノード）を調べ対応づける。次に、注目するゾーンに対応づけられた道路点（ノード）から、その他のすべての道路点への最短到達時間を、混雑時における道路区間の所要時間（式(1)参照）を用いて計算<sup>注5)</sup>

注3) 建設省による。主要道路区間について、ピーク時の旅行速度が調査されている。

注4) デジタル道路地図に含まれるデータで、道路区間の接続点を意味する。交差点、仮想交差点に相当する。

注5) ダイグストラ法、ラベル修正法などの一般的に用いられるアルゴリズムを使用。

する。注目するゾーンに対応づけられた道路点（ノード）から、その他のゾーンに対応づけられた道路点（ノード）までの最短到達時間が求められているので、これをゾーン間の最短到達時間のテーブルに保存する。

$$\text{到達時間[時間]} = \text{道路区間長[km]} \div \text{ピーク時旅行速度[km/時]} \dots\dots\dots(1)$$

2) ゾーンごとの可燃ごみ排出量の推定

可燃ごみは家庭系ごみと事業系ごみに区分され、それぞれのごみ量はごみ収集の事業主体が収集運搬したごみ量内訳より求める（式(2)参照）。なお、町丁目ごとのごみ排出量は、各市町村ごとのごみ排出量<sup>4)</sup>と町丁目ごとの国勢調査人口および事業所総数を用いて配分する。すなわち、家庭系ごみについては、市町村に含まれる町丁目ゾーンの国勢調査人口で比例配分し、事業系ごみについては、同様に事業所総数で比例配分する。

$$\text{家庭系ごみ[ton/年/市町村]} = \text{直営(組合)収集量} + \text{委託収集量}$$

$$\text{事業系ごみ[ton/年/市町村]} = \text{許可業者収集量} + \text{直接搬入量} \dots\dots\dots(2)$$

3) 最適立地ゾーンの選定

最適立地ゾーンとして1ヶ所を選定する場合は、上記1)2)において計算された結果を用い、あるゾーンiに注目した場合の、その他のゾーンjからiまでの到達時間を横軸に、ごみ量を縦軸にしたヒストグラムを作成する。このヒストグラムにおいて、原点についてのモーメントを計算することができる。このモーメントを各ゾーンについて計算し、その中の最小となるものを「最適立地ゾーン」とする（図3参照）。

$$\text{ゾーンiについてのごみ量モーメント} = \sum_j (i \text{ から } j \text{ の到達時間} \times j \text{ のごみ排出量}) \dots\dots\dots(3)$$

広域圏が広すぎる場合は、最適立地ゾーンとして複数箇所を設定し、比較検討することが必要になる場合がある。以下に複数箇所選定の場合を示す。

複数箇所（N箇所）を選定する場合は、立地ゾーンの組み合わせ（ $Z_1, Z_2, \dots, Z_N$ ）について、同様に次の式のようなごみ量モーメントを計算する。これを立地ゾーンの組み合わせのすべてのパターンについて計算し、最小となるものを最適立地ゾーンのペアとする。

$$\text{立地ゾーンの組み合わせ} (Z_1, Z_2, \dots, Z_N) \text{ についてのごみ量モーメント} = \sum_k (\min_N (k \text{ から } Z_N \text{ の到達時間}) \times k \text{ のごみ排出量}) \dots\dots\dots(4)$$

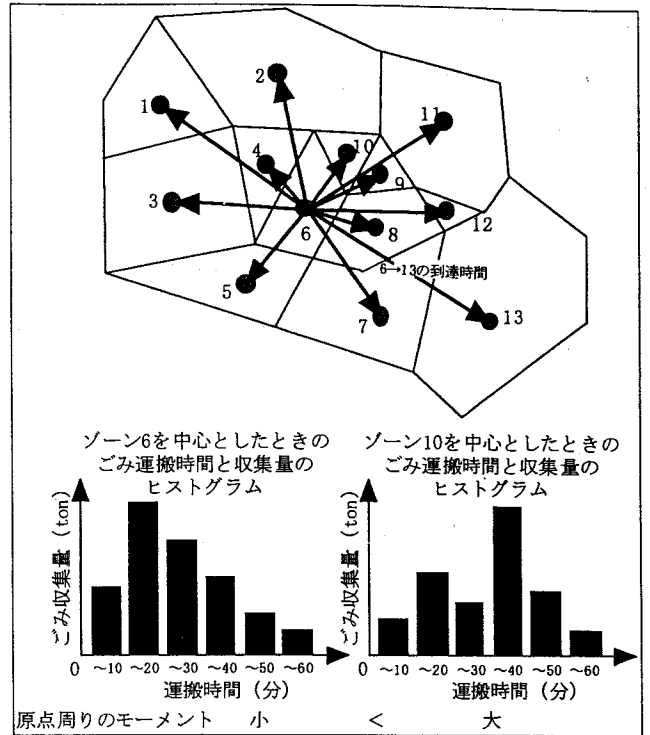


図3 ゾーンの到達時間とごみ排出量のモーメント

3・2 収集運搬車両台数の算出プログラム

広域ごみ処理施設までの収集運搬を考える場合、輸送時間30分以内で到達できるゾーンについては小型運搬車（1.8ton積載）で直接搬入し、それ以上かかるゾーンについては、一旦最寄りの「中継施設」に小型運搬車で搬入し、中継施設からは大型運搬車（7.5ton積載）で運搬するという原則に従う<sup>6)</sup>。なお、中継施設は新たに設置することも考えられるが、既存のごみ処理施設を改造して利用することが有効なので、ここでは既存のごみ処理施設を利用するものとした。

収集運搬車両台数算出の際は、ゾーンごとの年間日平均ごみ排出量を1収集日あたりに換算して用いる。すなわち週3回の収集であれば、1日あたりのごみ量を3倍（貯留日数の最大が3日）、週2回の収集であれば4倍（貯留日数の最大が4日）する。なお、ごみの収集運搬には、このような週変動の他に、季節変動（年変動；一般に月最大変動係数 約1.15<sup>2)</sup>）や予備率（一般に10-15%<sup>7)</sup>）等の変動要因が考えられるが、余り余裕をとりすぎると、車両の稼働率が低下する恐れがある。ここでは、最も変動の大きい週変動のみ考慮した。

本ケーススタディでは、広域ごみ処理施設への収集運搬車両台数を、以下の合計から求めた。なお、実際の広域化検討では、焼却施設からの残渣を最終処分場

まで搬入するルートも考慮に入れなければならないが、広域として使用できる既設処分場がない場合は最終処分場の立地選定問題とも絡んでケースが複雑になってくる。ここでは、煩瑣を避け、モデルを単純化するため、ごみ焼却施設までの搬入に限定した。

- 1) 広域ごみ処理施設へ搬入する小型運搬車の必要台数
- 2) 中継施設へ搬入する小型運搬車の必要台数
- 3) 中継施設から広域ごみ処理施設へ搬入する大型運搬車の必要台数

の合計を求める。

- 1) 広域ごみ処理施設へ搬入する小型運搬車の必要台数

広域ごみ処理施設へ搬入する範囲内のそれぞれのゾーン*i*について、小型運搬車の必要台数を以下の計算式で求める<sup>7)8)9)</sup>。

これらの設定条件は市町村によって多少変動することがあるため、実際に適用する場合は個々の市町村における条件を調査して設定する必要があるが、ここでは他の報告事例<sup>7)</sup>を参考に、一般値を設定した。

小型運搬車の必要台数[台] = (ゾーン*i*のごみ排出量[ton/収集日] ÷ 1.8[ton/台・回] ÷ ゾーン*i*までの小型運搬車の回転数[回/収集日]) ……………(5)

ゾーン*i*までの小型運搬車の回転数：作業員の1日の労働時間 ÷ ゾーン*i*までの1往復あたり必要時間

ゾーン*i*までの1往復あたり必要時間：ネット収集時間 + 積み卸し時間 + 収集のためのゾーン内走行時間 + ゾーン*i*までの最短到達時間 × 2

今回のケーススタディでは、以下のように仮定して

必要台数を算出した。

作業員の1日の労働時間：6.0時間

ネット収集時間 + 積み卸し時間：30分

ゾーン内走行時間：30分

- 2) 中継施設へ搬入する小型運搬車の必要台数

中継施設へ搬入する範囲内のそれぞれのゾーン*i*について、小型運搬車の必要台数を1)と同様に計算する。

- 3) 中継施設から広域ごみ処理施設へ搬入する大型運搬車の必要台数

広域ごみ処理施設へ搬入する範囲内のそれぞれの中継施設*i*について、大型運搬車の必要台数を以下の計算式で求める。

大型運搬車の必要台数[台] = Σ<sub>i</sub>(中継施設*i*のごみ搬入量[ton/収集日] ÷ 7.5[ton/台・回] ÷ 中継施設*i*までの大型運搬車の回転数[回/収集日]) ……………(6)

中継施設*i*までの大型運搬車回転数：作業員1日の労働時間 ÷ 中継施設*i*までの1往復あたりの必要時間

中継施設*i*までの1往復あたりの必要時間：積み替え時間 + 積み卸し時間 + 中継施設*i*までの最短到達時間 × 2

今回のケーススタディでは、以下のように仮定して必要台数を算出した。

作業員の1日の労働時間：5.0時間

積み替え時間 + 積み卸し時間：20分

#### 4. 解析結果

##### 4.1 ごみ発生量等の分布

###### 1) 人口と事業所数の分布

図4及び図5は、それぞれYブロックにおける町丁

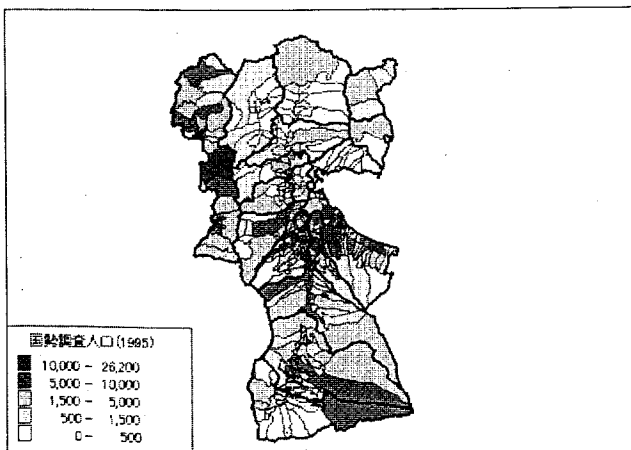


図4 国勢調査人口の分布

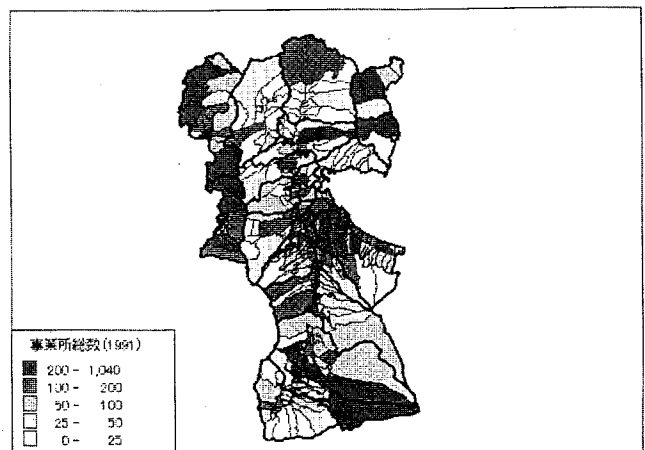


図5 事業所数の分布

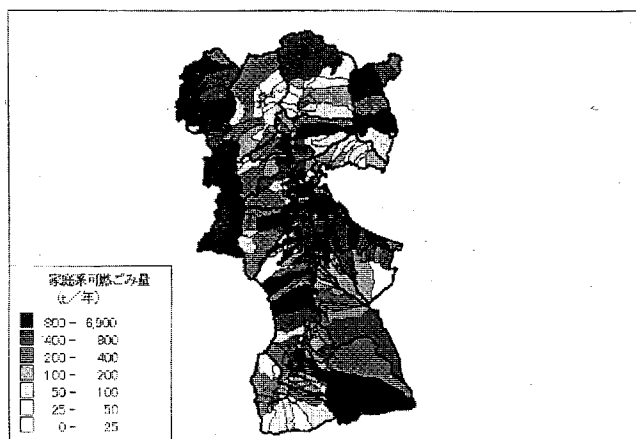


図6 家庭系可燃ごみ量の分布

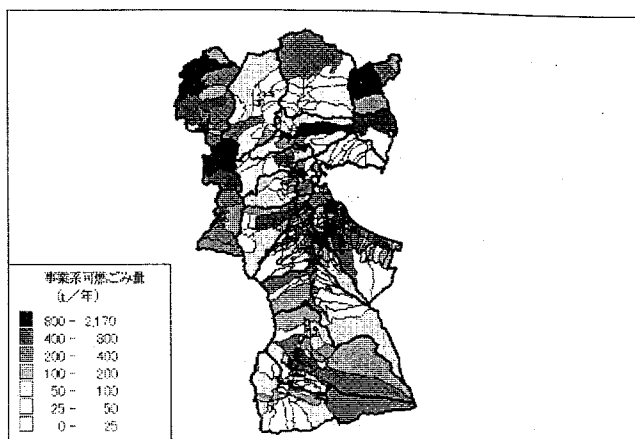


図7 事業系可燃ごみ量の分布

表1 各ブロックのモーメント算定結果

〈処理施設2箇所の場合〉

順位	ゾーン1	ゾーン2	モーメント値 分・t/年
1	N市1区	I市n1町	6,195,310
2	N市1区	I市n2町	6,196,376
3	N市1区	I市n3町	6,204,943
4	N市1区	I市n4町	6,206,375
5	N市1区	I市n5町	6,210,168
6	N市1区	I市n6町	6,226,691
7	N市1区	I市n7町	6,233,085
8	N市1区	I市n8町	6,238,287
9	N市1区	I市n9町	6,242,289
10	N市1区	I市n10町	6,247,333
⋮	⋮	⋮	⋮
50	M市1町	I市nh町	6,320,608
⋮	⋮	⋮	⋮

〈処理施設1箇所の場合〉

順位	ゾーン1	モーメント値 分・t/年
1	M市1町	9,036,804
2	M市2町	9,063,315
3	M市3町	9,130,677
4	M市4町	9,180,477
5	M市5町	9,211,705
6	M市6町	9,230,493
7	M市7町	9,248,927
8	M市8町	9,256,193
9	M市9町	9,276,754
10	M市10町	9,284,935
⋮	⋮	⋮
50	M市O町	9,648,007
⋮	⋮	⋮

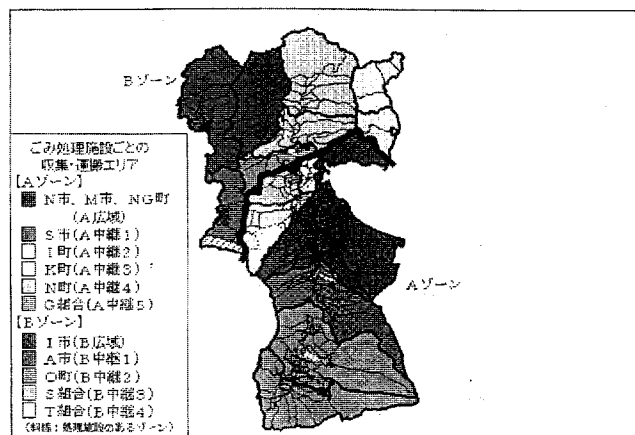


図8 収集運搬エリア（2箇所設置の場合）

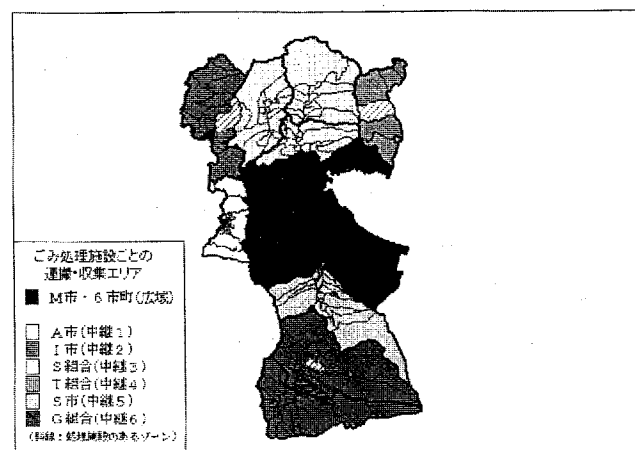


図9 収集運搬エリア（1箇所設置の場合）

a) 家庭系可燃ごみ量の分布

図6は、Yブロックにおける町丁目ごとの家庭系可燃ごみ排出量の分布を示したものであるが、概ね人口分布と比例している。

b) 事業系可燃ごみ量の分布

図7は、Yブロックにおける町丁目ごとの事業系可燃ごみ排出量の分布を示したものである。

家庭系可燃ごみと同様、概ね事業所総数分布と一致

目ごとの国勢調査人口(1995年度)と事業所総数(1991年度)を示したものである。

2) ごみ排出量の分布

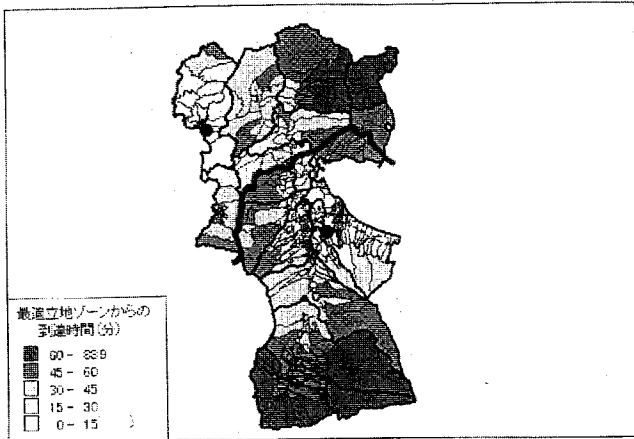


図10 最適立地ゾーンからの到達時間（2箇所設置の場合）

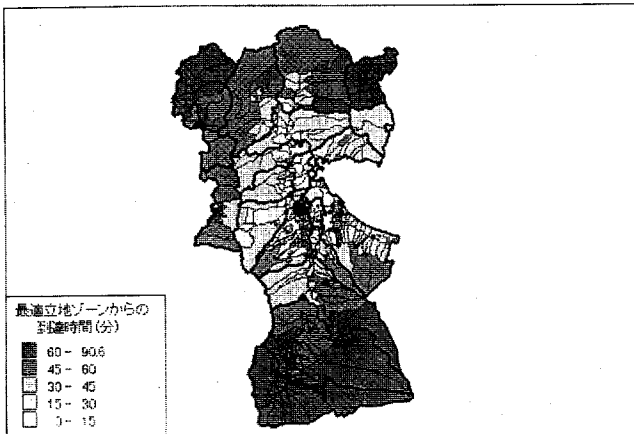


図11 最適立地ゾーンからの到達時間（1箇所設置の場合）

している。

4・2 必要運搬車両台数の算定

S県Yブロック内に広域処理施設2箇所設置の場合（ケース1）と1箇所設置の場合（ケース2）の2ケースについて計算した結果は、表1及び以下のとおりである。

1) 最適立地ゾーンの選定

表1は、「最適立地ゾーン選定プログラム（2箇所選定及び1箇所選定）」をYブロックに適用した計算結果の評価値（モーメント値）上位10位までのゾーンを抜き出したものである。広域処理施設2箇所の場合、ゾーンの市町村名を見るとN市とI市に最適ゾーンがあり、1箇所設置の場合、上位10位の中は、M市内のゾーンが全てを占めていた。

2) 必要運搬車両台数の算定

図8及び図9は、Yブロックにおいて、広域ごみ処理施設を2箇所においた場合と1箇所にした場合に、ごみがどちらの施設に収集されるかを分けしたものである。

表2 必要車両台数算定結果

〈処理施設2箇所の場合〉

事業主体	施設種別	1.8t車必要台数		7.5t車必要台数	
		台	回転数	台	回転数
N市, M市, NG町	A広域	126.7	4.04	—	—
I市	B広域	46.2	4.53	—	—
S市	A中継1	15.9	3.46	3.7	3.46
I町	A中継2	6.8	5.02	2.2	3.87
K町	A中継3	19	2.84	4.7	2.71
N町	A中継4	4.5	4.85	1.4	3.6
G組合	A中継5	21.9	4.22	8.2	2.71
A市	B中継1	43.2	2.99	12.9	2.31
O町	B中継2	4.9	4.59	1.5	3.69
S組合	B中継3	8.7	4.11	2.6	3.56
T組合	B中継4	8.7	3.53	3.6	1.81
合計		306.5	44.18	40.8	27.72

〈処理施設1箇所の場合〉

事業主体	施設種別	1.8t車必要台数		7.5t車必要台数	
		台	回転数	台	回転数
M市, 他6市町	広域	182.7	3.55	—	—
A市	中継1	43.2	2.99	11.5	2.59
I市	中継2	48.7	4.11	20.2	2.16
S組合	中継3	11.1	3.87	2.8	3.99
T組合	中継4	8.7	3.53	3.3	2.02
S市	中継5	15.9	3.46	4.6	2.81
G組合	中継6	21.9	4.22	9.6	2.29
合計		332.2	25.73	52	15.86

図10及び図11は、広域ごみ処理施設から各町丁目ゾーンまでの到達時間を15分ごとに分けしたものである。

表2は、広域Yブロック内での必要な収集・運搬車両台数の算定結果を整理したものであるが、小型運搬車の総必要台数（直接広域処理施設へ搬入する場合と中継施設へ搬入する場合の総車両数）は、ケース1（広域処理施設2箇所設置）の場合約307台、ケース2（広域処理施設1箇所設置）の場合は約332台で、ケース2（広域処理施設1施設の場合）の方が約25台多く必要となる。また、大型車の総必要台数（中継施設から広域処理施設への総運搬車両台数）も同様に、ケース2が約11台多く必要となり、運搬効率が劣ることが分かった。

5. 要約

広域ごみ処理施設の立地選定に当たり、経済性の中で特に大きな比率を占める収集運搬効率に重点をおい

て検討を実施した。

本研究では、操作性や利用価値を高めるためシステムの中心に「GIS」を用い、いくつかのサブプログラムを付属して、収集運搬から見た広域ごみ処理施設の最適立地ゾーンリスト（収集運搬効率の優れている順番）及び必要収集運搬車両台数の算定結果を出力できるようにした。

これらによって、広域ブロック内の各市町村における可燃性ごみ排出量と町丁目人口、事業所数データ及び地図データ等を準備することにより、その地域の道路混雑事情を考慮した広域処理施設立地場所の絞り込み、必要車両台数の算出が可能となった。つまり、処理施設に近い市町村は収集運搬コストを小さくできるが、逆に遠い市町村は大きくなり、これらの程度を客観的に説明することができるようになった。

また、一つのブロックを収集・運搬の効率の観点から、さらに細分化して比較検討したい場合が多くあるが、ブロック化の検討も本プログラムで容易に検討できることが分かった。これらの検討によって、収集運搬効率から見た最適ブロック化の検討が正確に行うことができるようになり、さらに施設整備費等の検討を加えれば、精度の高い経済比較が可能となる。

立地特性、環境特性からある程度絞り込まれた候補地について、さらにこの検討結果を加えれば、客観的に適地を評価できると考えられる。

今後においては、下記の条件について検討を加えればより精度が高まると思われる。

- 1) 事業系ごみ量の算定・配分方法（従業員数別、業種別の事業所数、その他の統計指標の活用等）
- 2) 現況の詳細な収集・運搬運行計画に関連する制約条件等

なお、本論文の概要は、第9回廃棄物学会研究発表会に発表したものである。

#### 参 考 文 献

- 1) 厚生省，“ごみ処理の広域化について”厚生省環境整備課，衛環第173号（1997）
  - 2) (社)全国都市清掃会議，“ごみ処理施設構造指針解説”(社)全国都市清掃会議編（1996），pp. 33-36
  - 3) 小泉明，堤暢彦，川口士郎：都市ごみの収集輸送計画に関する研究—ロケーション問題の解決—，都市清掃，Vol. 40, No.158, pp. 250-257（1987）
  - 4) 静岡県：一般廃棄物処理事業のまとめ（平成6年度），静岡県環境局，pp. 52-60（1995）
  - 5) 建設省，平成6年度道路交通センサス，一般交通量調査箇所別基本表，建設省道路局編，(社)交通工学研究会，（1994）
  - 6) 長谷川誠：焼却における広域処理，廃棄物学会，第8回研究発表会・計画部会小集会論文集，pp. 16-23（1997）
  - 7) 厚生省，“平成2年度 収集・運搬システム等に関する調査報告書”厚生省生活衛生局水道環境部（1990），pp. 59-64
  - 8) 古市徹，長谷川誠，菅しのぶ，橋詰博樹，小林靖彦：災害廃棄物収集運搬システムの開発におけるモデル化とシミュレーション，廃棄物学会論文誌，Vol. 9, No. 2 / 3, pp. 69-78（1998）
  - 9) 松藤敏彦，田中信寿，井上陽仁，羽原浩史，広兼道幸：都市ごみ収集輸送計画策定エキスパートシステムの知識ベース案作成，第4回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp. 157-159（1993）
- （平成10年12月22日原稿受付 / 平成11年4月1日原稿受理）