

廃棄物の到達しやすさを考慮した不法投棄ゾーニング手法の開発と評価

Development and validation of zoning technique for illegal dumping monitoring area based on reaching potential of waste

川畑隆常¹ 大迫政浩¹ 田崎智宏¹ 松井康弘¹ 高岸且² 盛田彰宏²
Takatsune Kawahata Masahiro Osako Tomohiro Tasaki Yasuhiro Matsui Susumu Takagishi Akihiro Morita

ABSTRACT: In order to support planning of a monitoring scheme for illegal dumping of wastes specially focusing on demolition wastes in the public sector such as prefectural government, we developed a newly advanced zoning system to determine the monitoring priority area and validated its effectiveness. The system was designed based on not only a potential for the illegal dumping to take place in a target area posed by its inherent topographic/social conditions, but also that for the waste discharged at the generation source to reach the target area through transportation. In this study, a waste flow model considering origins of the illegal waste flow and reaching probability depending on transit time from the origin as a sub-system of the zoning system was newly developed. The "reaching potential" zoning resulted from the calculation using the waste flow model was integrated with the "indigenous probability potential" zoning to give sophisticated zoning with a geographical resolution in a scale of cities and towns, and moreover 25 meters mesh in detail. The accuracy of the zoning was validated using ROC method by comparing with the past data. In results, it was found that this system could give more sufficient accuracy in the prediction for the monitoring priority area than the previous one.

KEYWORDS: Illegal dumping, Monitoring priority area, Zoning system, Waste flow model, Demolition waste

1 はじめに

産業廃棄物の不法投棄問題は、いまや日本の環境問題の中でも大変重要な位置を占める課題の一つである。過去の不法投棄対策にあたった自治体、また地域住民の監視等の結果として、近年では集中的、大規模な不法投棄は減少傾向にあり、小規模多発化、巧妙化してきており、量的に見ると年間の不法投棄量自体はここ数年約40万トンの横ばい状態の後、平成13年度は24万トンに減少した¹⁾。しかし日々生み出されている大量の産業廃棄物が今後どこかで不法投棄され続ける可能性は否定できず、不法投棄監視の効率化は喫緊の課題であることから、行政等による監視を効果的に支援するための様々な方策について研究開発等が行われているところである²⁾。

著者らは、上記のような問題意識の下、行政により日々行われている地上パトロールや年数回行われるスカイパトロール等において、重点的に監視すべきエリア・ルートの選定による効果的な業務遂行を支援する事を目的として、地理情報システム(GIS)を用いて不法投棄の発生危険性の高い地域を抽出(ゾーニング)

¹ (独) 国立環境研究所 循環型社会形成推進・廃棄物研究センター Research Center for Material Cycles and Waste Management, National Institute for Environmental Studies

² (株) パスコ PASCO Corporation

するための手法開発を行ってきた。こうしたゾーニングシステムの開発に当たっては、「不法投棄の起こりやすさ」と「投棄物の到達しやすさ」の両方を考慮することが必要であると考えられる。既報^{3,4)}においては、前者に着目した検討を行い、その土地固有の属性、すなわち社会的、経済的、地形的、土地利用的な地理属性因子と不法投棄件数（及び発生規模）の関連を統計的に解析し、関連性の高い因子を抽出すると共に、これらの因子を組み合わせて市区町村ごとに不法投棄の起こりやすさのランク付けを行った。しかし、地域によっては十分な予測精度が得られない場合があり、後者の投棄物の移動現象を規定している因子、例えば投棄物の発生地点との時空間的な距離や投棄者の利用可能な道路網等の物流的な因子についても考慮することが必要と考えられた。そこで本稿では「投棄物の到達しやすい」地点のゾーニング（物流ゾーニング）手法の開発を行い、「不法投棄の起こりやすい」地点のゾーニングとの統合によるゾーニングシステムの高度化について検討を行った。

2 方法

2.1 ゾーニング手順の概要

本研究では産業廃棄物の中でも排出量が多く、また不法投棄量、件数共に大きな割合を占める建設廃棄物を対象廃棄物とする。また、解析の対象地域は、山梨県、長野県を含む関東圏広域とした。以下、ゾーニング手順の概要を図1に示し、詳細は2.2以降で述べる。

「投棄物の到達しやすさ」ゾーニング（物流ゾーニング）では、まず投棄物の物流フローの出発点として排出源重心と中間処理施設重心を求めた。投棄物が輸送によって移動する際のルールを決定した上で、2つの出発点からどこにどのくらいの投棄物が配分されるかを各到達時間圏への到達確率として求める物流モデルを作成した。得られた到達確率を位置情報を基に視覚化し、物流ゾーニング結果を得た。

続いて到達確率を基に時間圏ごとの投棄物の配分量を定めた。この配分量は、物流フローの出発点からの投棄物の到達しやすさを表す量である。さらに時間圏ごとの配分量について、既報⁴⁾で検討した「不法投棄の起こりやすさ」を表す市区町村ごとの相対確率を用いて市区町村レベルに配分し、次に25mメッシュレベルの相対確率を用いて25mメッシュレベルに細かく配分し、配分量の大小を基にランク付けをすることによって、「投棄物の到達しやすさ」を考慮したゾーニング結果を得た。

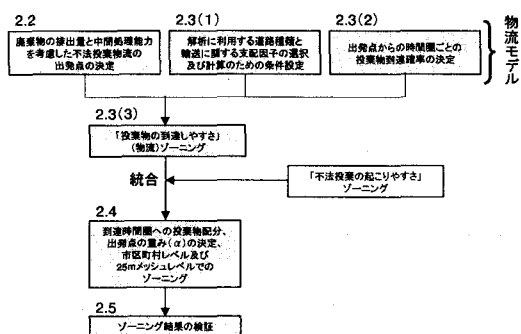


図1 ゾーニングの手順

2.2 不法投棄物流の出発点についての考え方

建設廃棄物が不法投棄に至るルートとしては、家屋等の建築物の解体に伴い発生した解体物が、中間処理を経ることなく投棄現場に直送されるルートと、中間処理施設が非常に安価な料金で廃棄物を過剰に受入れ、適正処理を行うことなく不法投棄に至る中間処理経由のルート等が指摘されている。そこで投棄物のフロー推定の出発点として、以上の2つのルートを考慮することにした。

出発点をどの程度の分解能で考慮すべきかという点については、本研究では物流モデルの有用性を確認することを第一の目的としていること、建設廃棄物の発生現場、中間処理施設の個々を出発点とすると膨大な計算量が必要になることを勘案して、ここでは以下のような単純化を行なった。すなわち、廃棄物を多量に排出する、あるいは中間処理の受入れ量の多い地域は他の地域に比べて相対的に不法投棄の出発点となる可能性が高いという仮定を置き、対象圏域である関東圏広域における廃棄物排出量推計値（平成11、12年度）

及び中間処理能力の大きさを重みとした重心座標を求め、それぞれを不法投棄物流の出発点とすることにした。

対象圏域における廃棄物の排出量の重心算出の手順は以下のとおりである。建設系廃棄物の排出量（推計量⁹⁾）は、表1のように種類毎に規模が異なっている。本稿では、過去の不法投棄物種類と投棄量から勘案して、汚泥は除外して計算を行うこととし、廃プラ、紙くず、木くず、繊維くず、金属くず、ガラス陶磁器くず、がれき類、混合廃棄物を対象として重心を求めた。また、対象圏域において発生する不法投棄の事例において、東京とその周辺県が主な発生源になっていることが自治体ヒアリング⁴⁾等でも指摘されていることから、重心計算の対象範囲は東京、千葉、埼玉、神奈川の一都三県内の市区町村とした。重心計算は、これらの市区町村の各市区役所、町村役場位置の緯度経度について、各市区町村の推計排出量による重みをつけて次式から算出した。

表1 建設系産業廃棄物の排出量*

単位:千t/年

汚泥	廃プラスチック	紙くず	木くず	繊維くず	金属くず	ガラス及び陶磁器くず	がれき類	混合廃棄物	計
8,522	379	117	1,407	14	447	1,629	28,580	3,017	44,112

*自己処理量と現場内利用量は除く。対象地域は福島、茨城、栃木、群馬、埼玉、千葉、東京、神奈川、山梨、長野、静岡の一都十県。物流を考慮して福島と静岡含む。

$$X = \frac{X_1 D_1 + X_2 D_2 + \dots + X_n D_n}{\sum_{k=1}^n D_k} \quad (k=1 \sim n)$$

$$Y = \frac{Y_1 D_1 + Y_2 D_2 + \dots + Y_n D_n}{\sum_{k=1}^n D_k}$$

X : 重心の経度、 Y : 重心の緯度
 X_k : 市区町村 k の市区役所あるいは町村役場の位置の経度
 Y_k : 市区町村 k の市区役所あるいは町村役場の位置の緯度
 D_k : 市区町村 k の年間廃棄物排出量推計値

また、中間処理施設を出発点とする不法投棄については、処理能力の分布状況及び排出量の多い東京周辺からの移動距離を勘案して、東京、千葉、茨城、栃木、群馬、埼玉、神奈川の一都六県を重心計算の対象範囲とした。また、対象となる処理方法の種類は、上述の廃棄物を処理する焼却と破碎の2種類とした。重心の計算は排出量に準じて行い、重みとして市区町村ごとの年間の焼却及び破碎能力の値を用いた。

2.3 出発点からの時間圏毎の投棄物到達確率の算出方法

(1) 幹線道路の選定及び移動時間の考慮

投棄物の到達しやすさを評価するために、輸送に関する支配因子を選定し、計算に用いるための条件設定について以下のように検討した。

輸送支配因子の選定にあたっては、距離よりも、渋滞による混雑や上り下りの坂道などの道路状況、昼夜速度の違い、速度規制状況や高速道路利用の有無などを考慮して実態をより正確に表すことができると考えられる移動時間を選択した。道路規模の設定に際しては、不法投棄される廃棄物の輸送の多くは10トンダンプのような大型のトラックを利用することから、道路種類として比較的幅広で通行可能重量の大きい幹線道路（主要地方道以上）を選択することとした。また、自治体ヒアリング⁴⁾において「不法投棄の輸送は高速道路を使わずに夜間に行われるケースが多い」との指摘があったことから、有料道路を利用しない、夜間の通行速度データをもとにした移動時間データにより計算を行うこととした。

道路の移動時間の計算は、地理情報システム（GIS）のネットワーク解析を用いたが、幹線道路データを利用するという制約から、解析の精度は市区町村レベルとした。すなわち各市区（町村）を役所（役場）の位置で代表して、役所・役場間の幹線道路経由の移動時間を計算した。

(2) 出発点からの時間圏ごとの投棄物到達確率の算出

出発点からの時間圏ごとの投棄物到達確率の算出には、過去の不法投棄事例から移動時間の分布を求め、時間圏ごとの投棄物到達確率を求めることとした。過去の不法投棄事例のうち投棄物の輸送の出発点が判明した案件、あるいはそれと思しき場所がある程度特定された案件についてのデータを千葉県及び栃木県から入手し、出発点及び投棄地点の市区町村間の移動時間をネットワーク解析により求め、時間圏ごとの案件の度数分布を基に投棄物到達確率を算出した。以上、2.2～2.3(2)の手順を物流モデルとした。

(3) 物流ゾーニングの定義

物流モデルによって得られた時間圏ごとの投棄物到達確率に、位置情報を基に GIS 表示等により視覚化したものを物流ゾーニング結果とした。

2.4 「不法投棄の起こりやすさ」のゾーニングと「投棄物の到達しやすさ」のゾーニングの統合

(1) 投棄物の配分

以下に、物流ゾーニングと既報⁴⁾で検討した「不法投棄の起こりやすさ」ゾーニングの統合によるゾーニングの高度化手法の方法について述べる。

不法投棄物流の出発点で排出された投棄物を、2.3(2)で求めた出発点からの到達時間に応じた到達確率によって各時間圏に配分した。この時間圏ごとに配分された投棄物配分量を、さらに市区町村、25m メッシュのレベルで求められている「不法投棄の起こりやすさ」ゾーニングによる相対確率によって細かく配分した。つまり、出発点からの「投棄物の到達しやすさ」と場所としての「不法投棄の起こりやすさ」の両方を加味した値として配分量が求められることとなる。

市区町村レベルの配分量は、物流ゾーニング結果と既報⁴⁾で検討した「不法投棄の起こりやすさ」を指標化した相対確率の値を用いて次式のように計算した。

$$S_k = S_m \times (A_k / \Sigma A)$$

S_k : 時間圏による物流ゾーニングランク m に属する市区町村 k への配分量

S_m : 時間圏による物流ゾーニングランク m 全体の配分量

A_k : 市区町村 k の相対確率の合計値

ΣA : 時間圏による物流ゾーニングランク m に含まれる全市区町村の相対確率合計値

ここで A_k は市区町村kについて求められている 25mメッシュレベルゾーニング相対確率を合計したものをを用いた。

(2) 出発点の重み(α)の決定と、 α による、2つの出発点からの配分量の重ね合わせ及び市区町村レベルゾーニング

市区町村レベルの配分量は2つの出発点に対しそれぞれ別々に求めた。廃棄物の排出源を出発点とした不法投棄と、中間処理施設を出発点とした不法投棄の2種類の投棄物配分計算結果は、対象圏域内の不法投棄量にそれぞれ寄与していると考えられる。そのため、過去の投棄場所及び投棄量のデータは、これらの結果をある一定の寄与率 α で重ね合わせた結果になっていると考えられる。寄与率 α （排出重心基準）を用いた次式から、両方の出発点からの物流を考慮した各市区町村への配分量を算出した。

$$S'_k = \alpha \times S_{ka} + (1-\alpha) \times S_{kb}$$

α : 排出重心からの到達量の寄与率 ($0 \leq \alpha \leq 1$)

S'_k : 寄与率 α の下での市区町村kへの配分量

S_{ka} : 排出重心からの配分量, S_{kb} : 中間処理重心からの配分量

過去の不法投棄データは対象圏域レベルでは市区町村レベルで一番詳細に収集することができる。ここで寄与率 α を0から1の範囲で変化させ、過去の不法投棄の分布状況をより正確に表すゾーニング結果を与える α をもって、寄与率を決定することとした。配分量と過去の不法投棄分布状況との適合度の判定には、ROC判定（臨床判断学における診断テスト等の優劣比較方法）を応用した方法を用いた⁶⁾。

各市区町村への配分量が決まった後、その配分量でランク分けを行い、市区町村のゾーニングのランクを定めた。配分量の分布を見ると、配分量が多くなるに従って該当する市区町村数は対数的に減少することから、配分量によるランク区切りは対数的に行った（配分総量100万トンに対し、0～30トン、30～100トン、100～300トン、…、10,000～30,000トンの7分類）。

(3) 25m メッシュレベルでの投棄物の配分とゾーニング

各市区町村に割り振られた配分量を、さらに25mメッシュレベルの相対確率によって同様に配分し、その配分量に従って25mメッシュレベルのゾーニングのランクを求めた。

2.5 結果の評価方法

結果は、市区町村レベルのゾーニングについては、平成12年度の環境省不法投棄実態調査の市区町村別投棄量データによって、また25mメッシュレベルのゾーニングについては、平成13年度の千葉、茨城、栃木の3県の25mメッシュレベル不法投棄調査データを用い、共にROC判定⁶⁾を応用した方法によって検証を行った。

3 結果

3.1 出発点としての重心の決定結果

対象圏域における汚泥を除く建設系廃棄物排出量の重心及び、中間処理能力の重心位置の計算結果を地図上にプロットしたものを図2に示す。排出量の重心は東京都区部に、中間処理能力の重心は埼玉県南部の市部となった。

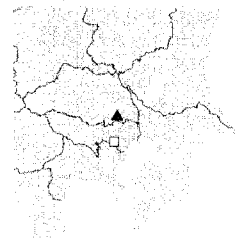


図2 重心位置
□は排出量の重心
▲は中間処理能力の重心

3.2 到達圏の決定と投棄物到達確率の算出結果

過去の不法投棄事例から得られたデータを用いて、出発点からの到達時間によって市区町村レベルで時間圏を区切り、それぞれの時間圏への投棄物到達確率を算出した。

(1) 時間圏毎の到達確率の算出

過去の不法投棄事例から得られた移動時間毎の投棄事例数のヒストグラムを図3に示す。サンプル数は45である。90～120分圏において度数が最も高くなる結果となった。これらの投棄事例には東京や埼玉近辺を出発点とする不法投棄の移動事例ではないものが一部含まれるが、次の(2)で述べるように、先に示した重心を出発点として120分時間圏を計算すると不法投棄の多発地帯における不法投棄発生現場の多くをカバーすることが出来たことから、このヒストグラムを基に時間圏ごとの到達確率を作成することとした。出発点から120分の圏内（0～120分圏）では、人口密度が高い等の理由で不法投棄の起こりにくい東京都区部等の地域が含まれているが、これらの地域は物流的に考えて、出発点から不法投棄の多発地域に至る途中で少なからず通過する場所であり、投棄物の到達しやすさという観点では多発地域と同等かそれ以上であると考えて良い。このような理由から

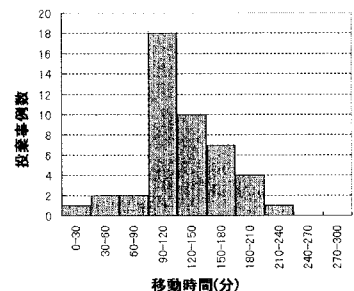


図3 移動時間ごとの投棄事例のヒストグラム

0～120 分の圏内は同等の投棄物到達確率を有するとした。

以上の補正を行って求めた時間圏ごとの相対的な投棄物到達確率を図 4 に示す。0～120 分圏は一つの時間圏としてまとめ、以下 120～150 分圏、150～180 分圏、というように 30 分刻みでの度数比による相対的な到達確率を算出した。過去の不法投棄事例による時間圏毎の到達確率を作成することによって、投棄物到達時間がより長い時間圏ほど、より到達確率が低くなることを示した。

(2) 2つの出発点からの到達時間圏の算出（物流ゾーニング）結果

それぞれの重心位置を出発点とし、夜間の幹線道路通行速度で、有料道路を利用しないという条件の下に、図 4 のヒストグラムによる時間圏分類に従って一定時間内に到達できる時間圏（物流ゾーニング）を図 5 に示した。また図には平成 13 年度に発生した不法投棄箇所（千葉、茨城、栃木）のポイントデータも重ねて表示した。なお、物流ゾーニングでは投棄物の流れを考慮する必要がある関係から、特に対象圏域とのフローのやり取りがあると考えられる福島県及び静岡県を含めた解析を行った。

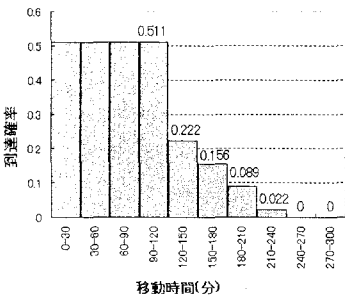


図 4 時間圏毎の投棄物到達確率



図 5 出発点からの市区町村レベル到達時間圏分類（物流ゾーニング）
☆は出発点（左図：排出量重心、右図：中間処理能力重心）、○は平成 13 年度の不法投棄箇所（現場レベル：千葉県、茨城県、栃木県）。福島県と静岡県も含めて表示

3.3 ゾーニングの統合及び結果の評価

排出量の重心および中間処理能力の重心のそれぞれを出発点として求められた到達時間圏について、各時間圏に到達確率に従ってどれだけの投棄物量が配分されるのかを算出した。また、過去の不法投棄データを用いた検証によって 2 つの出発点それぞれの寄与率 α を決定し、市区町村レベルでのゾーニングを行った。さらに、25m メッシュレベルでのゾーニングを行い、結果について評価を行った。

(1) 物流ゾーニングによる到達時間圏への投棄物の配分

ここで、出発点で 100 万トンの投棄物量が生じたと仮定すると、各時間圏の配分量は表 2 に示すように算出された。ここでは排出量重心を出発点とする場合のみ示した。

表 2 出発点（排出量重心）からの時間圏毎の配分量（投棄物到達量）

時間圏	投棄物到達量
0～120分	511,000 t
120～150分	222,000 t
150～180分	156,000 t
180～210分	89,000 t
210～240分	22,000 t
～240分以上	0 t
計	1,000,000 t

(2) 出発点の重み（ α ）の決定結果

平成 12 年度の環境省不法投棄実態調査結果に基づき、市区町村レベルの不法投棄量データを用いて、対象圏域の全面積に対して、ゾーニングによって不法投棄される可能性が高いと判断される監視対象市区町村の割合（監視面積の絞込み率）と、それらの市区町村で発生した投棄量の全投棄量に対する割合（不法投棄量の網羅率）を計算し、ROC 曲線を求めた。ROC 判定では、曲線が左上に位置するほど望ましい結果を与えると判断される。 α を 0.05 刻みで変化させ、ROC 曲線を比較した結果、 $\alpha=0.8$ が最適と判断された。

(3) 市区町村レベルでのゾーニング結果とその評価

排出重心からの到達量の寄与率 α を0.8とした場合の市区町村レベルの配分を行い、得られたROC曲線を図6に示した。本結果は便宜上「統合ゾーニング」と表記し、比較のため既報⁴⁾の「不法投棄の起こりやすさ」のゾーニングによるROC曲線も示した。ゾーニングを統合したことによって、「不法投棄の起こりやすさ」のゾーニングに比べて、ROC曲線は左上方に移動しており、市区町村レベルにおいて概ねゾーニング精度の向上が図られたと考えることができる。これは「投棄物の到達しやすさ」を加味したことで、出発点から遠距離の地域にありながらも「不法投棄の起こりやすさ」のゾーニングで相対確率の高かった地域（例えば栃木県的那須地域、千葉県県の館山地域、山梨

県甲府盆地や長野県のいくつかの地域など）では配分量が減少し、相対的に監視優先度が下がったため、より実態に近いゾーニング結果を得ることができたと考えられる。ただし、図6の縦軸の不法投棄量の網羅率が10～30%付近で統合ゾーニング

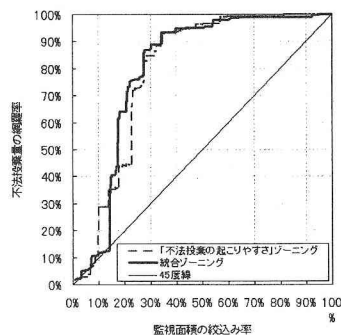
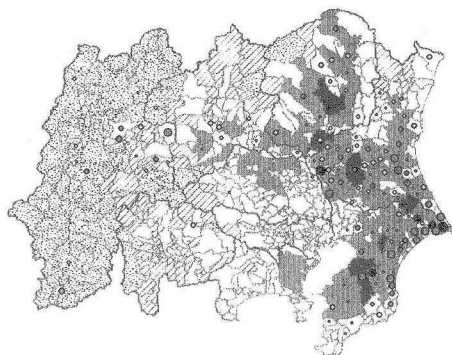


図6 統合ゾーニング（市区町村レベル、 $\alpha=0.8$ ）及び「不法投棄の起こりやすさ」ゾーニングのROC曲線



図7 ゾーニング結果（市区町村レベル）と不法投棄実態調査（平成12年度）の比較

の曲線が「不法投棄の起こりやすさ」のゾーニング曲線よりも下方に位置しているのは、過去に投棄量報告が多く、比較の出発点から遠方に位置する千葉県銚子市においても同様に監視優先度が下がってしまったことが大きく影響している。図としての見易さと利便性を向上させるため、配分量のランク分けを行ったゾーニング結果を図7に示した。図には平成12年度の不法投棄発生地点データを重ねて示した。全圏域面積の4割弱を占める市区町村（ゾーニングランク5～7に当たる）を監視することで、全圏域から報告された不法投棄量の9割以上を網羅できることが明らかになった。また、実態調査データで不法投棄が報告された市区町村とゾーニングランクの適合状況を図8に示した。ランク5～7にゾーニングされた市区町村では、対象圏域で実際に報告された不法投棄総量20.3万トンのうち18.9万トン（93.1%）、また不法投棄総件数128件のうち100件（78.1%）を占めた。また、投棄規模300トンを超える大規模な事案に限って見れば、投棄総量19.7万トンのうち、18.5万トン（93.9%）、総件数43件のうち、36件（83.7%）であった。

なお、ランク1～4に分類された市区町村のうち300トンの投棄量を超える報告のあった市区町村は7つあり、そのうち6つが長野県内に存在した（廃棄物種類は、がれき類、廃プラスチック、木くず）。今回の物流モデルでは排出と中間処理能力の重心、つまり東京都・埼玉県近辺を出発点とした不法投棄物流について検討を行ったためにこのような問題が生じ

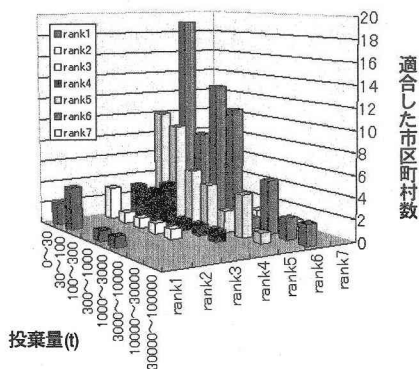


図8 ゾーニングの適合状況

たとえられる。つまり、実際には長野県内を出発点とし、同県内に投棄する比較的短距離の事例の存在が想定される。過去の投棄事例データにも、栃木県南部の中間処理施設から千葉県の投棄現場に輸送された報告事例など様々な事例があり、そうした個々の事例を全て捉えるためには、計算の量が膨大になるものの、出発点の設定を重心ではなく各市区町村とすることが必要になる。計算の簡略化も含め、これについては今後の課題とする。

(4) 25mメッシュレベルでのゾーニング結果とその評価

(3)で各市区町村に配分された配分量を、さらに25mメッシュレベルに配分して、同レベルのゾーニングを行った。結果を図9に示す。ランク分けは10段階とし、分類法はランク2～10についてはセル数が同じになるように等量分類し、配分量がゼロになる多数のセルをまとめてランク1とした。本来は、市区町村レベルから25mメッシュレベルにゾーニング分解能を上げた結果を受けて、同時にゾーニング精度が向上できたか否かについてROC判定により比較検討を行うところであるが、現段階では圏域内の全てのメッシュについて不法投棄量データが整備されていない状況である。そこで、25mメッシュレベルで平成13年度の不法投棄量データが整備されている千葉、茨城、栃木の3県に限って、ROC判定を応用した方法によって検証を行った。結果を図10に示した。横軸は3県内の各ランクに属するセルの合計面積から計算した監視面積の絞込み率、縦軸は3県の不法投棄量の網羅率である。8割の投棄量を網羅するために監視すべき面積は、3県の総面積のうち5割であることが分かった。また、監視面積を2割に絞り込んでも、全体の量の約5割は網羅できることが分かった。判定結果の曲線には凹みが見られるが、これはゾーニングランク3と5に該当するセルに規模の大きな不法投棄が発生していたことに起因するものであった。ここで検証を行った3県は不法投棄が多発している地域であり、このような地域でこそ精度高く利用することができるゾーニングの開発が望まれていると言えよう。

今後、前述の25mメッシュの不法投棄量データも含め、さらなるデータ整備が図られることによる、より詳細なゾーニング結果の評価とゾーニング手法の精度向上が必要である。

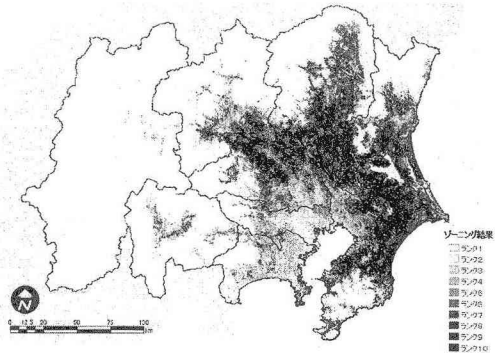


図9 25mメッシュレベルゾーニングの結果

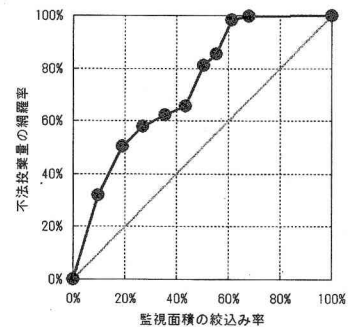


図10 ゾーニング結果(25mメッシュレベル)のROC曲線

4 まとめ

不法投棄ゾーニングシステムの高度化を行い、以下の結論を得た。

- ・廃棄物の排出量と中間処理能力の分布からそれぞれの重心座標を求め、不法投棄物流の出発点とする物流モデルを作成することができた。
- ・過去の不法投棄実績を考慮して、時間圏ごとの投棄物到達確率を算出した。関東圏広域において収集した不法投棄事例(n=45)では、投棄のための移動時間が0~240分に渡り、到達確率は移動時間が長くなるほど小さかった。
- ・排出源と中間処理能力のそれぞれの重心からの配分量について、過去の不法投棄量の分布実態調

査結果との ROC 判定によって寄与率 α を決定し、市区町村レベルでの投棄物の配分によるゾーニング結果を得ることができた。これによって、投棄物の移動ならびに投棄されやすい場所の双方を考慮したゾーニング結果を得ることができた。

- ・ゾーニングを統合したことによって、出発点から遠距離の地域にありながらも「不法投棄の起こりやすさ」のゾーニングで相対確率の高かった地域（例えば栃木県的那須地域、千葉県館山地域、山梨県甲府盆地や長野県のいくつかの地域など）では配分量が減少し、市区町村レベルにおいて ROC 曲線は概ね左上方に移動し、より実態に近いゾーニング結果を得ることができた。
- ・市区町村レベルのゾーニングでは、圏域の全面積の 4 割弱を監視することで 9 割強の投棄物を網羅することができた。
- ・25m メッシュレベルのゾーニングでは、千葉県、茨城県、栃木県の不法投棄多発地域を含む 3 県の 8 割の投棄量を網羅するために監視すべき面積は、3 県の総面積のうち 5 割である結果が得られた。また監視面積を 2 割に絞り込んでも、全体の量の約 5 割は網羅できる結果となった。

不法投棄物流の出発点の検討に関しては、重心ではなく各市区町村とすることで、様々な不法投棄事例をモデル化できると考えられるが、そのためにはさらに多くの不法投棄事例データが必要であり、また膨大になる計算を簡略化するためのモデルの改良も必要になる。また、現段階では排出源と中間処理施設からの投棄物の排出ポテンシャルとして、前者は活動指標から推定した排出量、後者は処理能力を用いているが、物流フローモデルを用いて、建設廃棄物の排出量と中間処理能力の地理的位置関係から推計した両者のアンバランスさの指標⁷⁾を、不法投棄物流の出発点の排出ポテンシャルとして考慮することを検討している。

謝辞

本研究は平成 13～14 年度に実施された環境省委託調査「不法投棄衛星監視システム開発調査」の一環として行われた。検討委員会の方々からは貴重なご助言をいただき、また各県の不法投棄関係担当者にはヒアリング、データ提供等で多くのご協力をいただいた。これらの皆様に心から謝意を表します。

5 参考文献

- 1) 環境省：産業廃棄物の不法投棄の状況（平成 13 年度）について、平成 14 年 12 月 26 日
- 2) 川畑隆常：IT を活用した不法投棄監視手法、生活と環境、Vol.48、No.8、2003
- 3) 田崎智宏、松井康弘、川畑隆常、大迫政浩、高岸且、盛田彰宏：不法投棄が発生しやすい地理属性とその発生確率の解析、廃棄物学会論文誌（投稿中）
- 4) （独）国立環境研究所：平成 14 年度環境省委託業務調査報告書、不法投棄等衛星監視システム開発調査、平成 15 年 3 月
- 5) 寺内清修、川畑隆常、大迫政浩、立尾浩一、河邊安男：関東圏域における建設系産業廃棄物の市区町村別排出量及び移動状況に関する調査と解析、日本環境衛生センター所報、第 29 号、pp46-54、平成 13 年度
- 6) 久繁哲徳：臨床判断学、篠原出版新社
- 7) 川畑隆常、山田正人、田崎智宏、松井康弘、大迫政浩、立尾浩一：建設廃棄物の排出量と処理能力の地理的分布におけるアンバランスさの解析、第 14 回廃棄物学会研究発表会講演論文集（投稿中）、平成 15 年