地理的条件と住民意識を考慮したごみ処理施設の立地選定に関する研究

道場　俊介[1]・濵出　逸喜[2]・鈴木　温[3]

[1]学生会員　名城大学大学院　理工学研究科社会基盤デザイン工学専攻（〒486-0804 愛知県名古屋市天白区塩釜口一丁目 501 番地）
E-mail:223433007@ccmailg.meijo-u.ac.jp

[2]学生会員　名城大学　理工学部社会基盤デザイン工学科（〒486-0804 愛知県名古屋市天白区塩釜口一丁目 501 番地）
E-mail:200448070@ccmailg.meijo-u.ac.jp

[3]正会員　名城大学教授　理工学部社会基盤デザイン工学科（〒486-0804 愛知県名古屋市天白区塩釜口一丁目 501 番地）
E-mail:atsuzuki@meijo-u..ac.jp

近年，ごみ処理施設の老朽化が進んでおり，新たな施設を建設し，移行する必要がある．しかし，ごみ処理場はその性質上，停止させることができないため，現在の施設を使いながら，別の場所で新たな施設の整備を進める必要がある．そのため，最終処分場までの距離やごみの収集ルートなどを含めた移動コストや，アンケート調査の結果を含めた様々な住民意識や地理的条件なども考慮した上で，新たな施設の建設を計画しなくてはならない．よって本研究では，ごみ処理における輸送，処理技術等のコストや，アンケート調査の結果を含めた様々な地理的条件を考慮した上で，新しいごみ処理場の立地を検討し，提案することを目的とする．

Key Words: *site selection，waste disposal facility*

1. はじめに

近年，ごみ処理施設の老朽化が進んでいる．現在使用されているごみ処理施設のうち，30%が 30 年以上稼働しているので，新たな施設を建設し，移行する必要がある．しかし，ごみ処理場はその性質上，停止させることができないため，現在の施設を使いながら，別の場所で新たな施設の整備を進める必要がある．更に，都市のコンパクト化，ハザードエリアの拡大に伴う適地の減少や，それよる合意形成の困難化が課題となっている．

今回対象とするエリアは３つの市を収集範囲とするごみ処理施設の収集エリアである．３市（A 市，B 市，C 市）あるうちの B 市にごみ処理施設，A 市に最終処分場が位置しており，曜日ごとに指定の地域を周回し，ごみを収集している．また対象施設は，使用開始から 30 年以上が経過し，老朽化が進んでおり，中でも焼却炉の使用期限はあと 10 年程度であるため，焼却炉延命化工事を 2020 年に開始した．年間約 80,000t のごみを処分しており，これは緩やかな減少傾向にある．最終処分場はここから車で 30 分の場所にあるエリア内のものと，車で 40 分のエリア外にもう 1 か所があり，それぞれ半分ずつ輸送している．

最終処分場までの距離やごみの収集ルートなどを考慮した移動コストだけでなく，立地条件，地域住民の意向を考慮した上で，新たな施設の建設を計画しなくてはならない．よって，ごみ処理における輸送，処理技術等のコストや，アンケート調査の結果を含めた様々な地理的条件を考慮した上で，新しいごみ処理場の立地の具体案を検討し，提案することを本研究の目的とする．

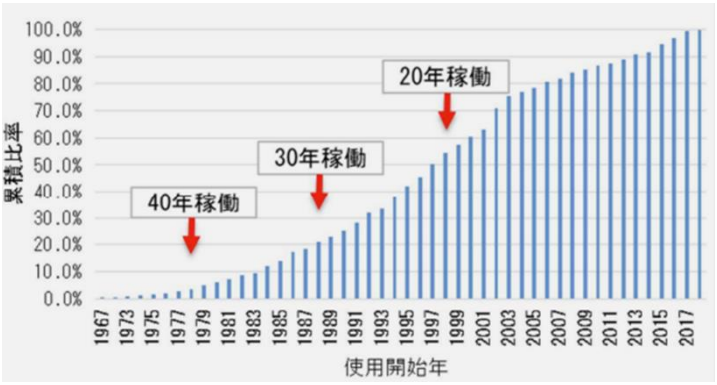


図-1　ごみ処理施設の使用開始年　出典：環境省

2. 既存研究と本研究の位置づけ

住民意識の観点から施設の受容性を分析した既存研究として，秋山ら [1]は，アンケート調査と生存分析モデルを用いて分析を行った．彼らは，最終処分場までの距離と反対率の関係を求め，1km, 20km における反対率はそれぞれ76%,12%であり，処分場に対する否定的態度が広範囲に及ぶことを明らかにした．また，反対率に影響を与える要因として， 処分場のリスク認知，立地計画の手続不備の認知， 地域エゴへの反対姿勢，身近な廃棄物問題の経験などが有意であることを示した．片岡らは，迷惑施設の立地適性を評価するために，住民が受ける不利益を平等に分散させる公平性という概念を用いた．公平性を測る指標として，ジニ係数という不平等度を表す数値を住民から迷惑施設までの距離に適用している．ジニ係数は，0から1の範囲で示され，0に近いほど平等であり，1 に近いほど不平等となる．これらの変化を数理的に分析を行った．また，清掃工場を例にとって，大気汚染や電波障害などの環境条件を考慮した目的関数を用いて，候補地の比較方法を提案を行った．目的関数とは，立地適性を数値化する関数で，ジニ係数や環境条件などの項目を重み付けして組み合わせたものであり，目的関数の値が小さいほど立地適性が高いと判断している．目的関数や適性度などを用いて，最適地だけでなく，対象領域内の任意の地点での立地適性度を把握することができることや，計画の初期段階で複数候補地を挙げる際の手法として有効であることを示した．町永らの研究では，敷地の滞在者数から必要な喫煙所の容量を求め，その容量に対応する隔離距離を算出する数理モデルを同定し，実際の領域における喫煙所の配置可能領域を抽出し，配置モデルを作成を行った．また，パレート最適による最適化を用いて，利用者と非利用者の両者が妥協できる具体的な配置モデルを示した．溝本らは，リサイクル施設の固定費用と輸送費用を考慮した非線形の費用関数を用いて，ネットワーク型の施設配置モデルを構築し，仮想的な都市圏を対象として，廃棄物の発生量，最終処分場の容量，リサイクル施設の稼働率などのパラメータを変化させて，最適な施設配置と費用を求めた．

3. ごみ処理施設立地問題の特徴

ごみ処理場の建て替えに伴う施設立地選定の問題には，以下のような特徴がある．

① ごみは毎日排出されるため，建て替えの際は，現施設を使いながら，別の場所に新施設を並行して建設する必要がある．

② ごみ処理場はいわゆる NIMBY 施設のため，居住地近傍への立地は避けたいが，居住地から遠すぎると，ごみ収集の輸送コストが高くなり，非効率である．

③ 不燃ごみや再生ごみは，最終処分場やリサイクル施設に輸送するため，それらの施設への輸送コストも考慮する必要がある．

④ ごみの燃焼で発生する余熱を利用し，温水プール，入浴施設等の付帯施設を併設する場合も多い

⑤ 法的な土地利用規制，災害の安全性，敷地面積，地盤の安定性等を考慮する必要がある．

4. 研究方法

(1) ごみ処理施設不適格地域の抽出

ごみ処理施設は，法規則などにより，建設を回避すべき地域がある．用途地域においては，準工業地域，工業地域，工業専用地域以外の地域，土地区画整理事業の施工地区，第 1，2 都市再開発事業の施工区域，国や県管轄の森林，河川，緑地，公園，農業振興区域，土砂災害警戒区域，土砂災害特別警戒区域，勾配が 15%以上ある急斜面，地滑り防止区域などがある．これらの条件を満 1 つでも満たすエリアを除外し，残ったエリアから一定の敷地面積を有する場所をピックアップし，建設工法地を選出する．

(2) 輸送コスト分析手法

ごみ処理場の輸送コストは，ArcGIS の network analyst を用いて計算を行う．まず GIS 上に晴丘センターと小地域の中心点のポイントデータを設置し，network analyst の Closest Facility を用いて晴丘センターから各中心点までの道路距離を計算する．その中で，一番近い点を代表点 j とする．そして晴丘センターからほかの点までの距離から晴丘センターから代表点までの距離をそれぞれ差し引いた値を合計した値をエリア内を周回するのに必要な走行距離とする．これらを定式化すると以下のような式になる．

$$X_i = \{\sum_j \sum_k (x_{ik} - x_{ij})\} + x_{ij} \quad (1)$$

x_{ik}：ごみ処理場 i からエリア内の小地域 k の代表点までの最短経路距離

x_{ij}：ごみ処理場 i からごみ収集エリア J の代表点 j までの最短距離

さらに，江島らが算出したごみの輸送単価，対象地域の年間のごみ排出量，ゾーン内の人口を用いて，ごみの輸送コストを算出する．これらを定式化すると以下のような式になる．

$$C_i = \{\sum_j \sum_k \rho \cdot c \cdot p_K (x_{ik} - x_{ij})\} + x_{ij} \quad (2)$$

ρ：ごみの輸送単価（円/kg・km）

p_K：ゾーン k の人口
C：1 人あたりのごみ排出量

4.3 アンケートの分析手法

(1) 対象地域を調査方法

住民意識は，地域住民を対象としたアンケート調査を実施し，データを取得した．アンケートの調査方法は，郵送法と Google form を併用した．アンケートの配布数は三市それぞれの人口数より決定した．対象地域から無作為抽出した合計2000世帯にアンケート用紙，Google Form の QR コードを送付し，どちらかでアンケートの回答を行ってもらった．アンケートの回収率は，郵送法では A 市が 35.1%，B 市が 41.3%，C 市が 34.2%であった．

表-1 アンケート概要

調査対象	対象地域在住の一般市民
調査時期	令和 5 年 9 月ごろ
回収方法	Web回収・郵送法
回収票	750
対象地域	1県 3 市町村（web回収数・郵送回収数）
愛知県	A市（89・227），B市（78・170），C市（59・112），市判別不明（15）
質問項目	・個人属性 年齢，世帯構成，職業，郵便番号，居住年数　など ・ごみの排出やごみ処理行動の意識・知識 使用するごみ袋の大きさ，排出頻度，プラ新法認知　など ・行っている分別やリサイクルについて 一般的なごみ処理の流れ認知，取り組んでいる分別内容　など ・ごみ処理施設の印象，認知 ごみ処理施設に対しての印象，訪問理由，ごみ処理施設の施設認知　など ・ごみ処理施設に対しての意見，要望，情報ニーズ 更新に伴いあなたが重視する事，自宅から許容できる施設の距離，建設の情報共有方法　など

(2) 施設許容距離の分析方法

施設の許容距離を算出するのには，アンケートの「自宅から新たなごみ処理施設を建設するまでの距離は，どのくらいまで許容できますか？」という設問結果を用いる．この設問では，回答者は「100ｍ以内」「100ｍ～500m」「500m～１km」「1 km～3 km」「3 km～5 km」「5 km～10 km」「10 km以上」の７つの選択肢から一つを選ぶことができ，この質問から，回答者の許容距離と反対率の関係を調べることができると考える．例として「100ｍ～500m」を選んだ回答者は，ごみ処理施設が自宅から 500m 以内であれば反対しないで済むと考えであり，許容距離は 500mと考えて分析を行う．またここでは，許容距離とは，回答者がごみ処理施設に反対しないで済む最大の距離であり，反対率とは，回答者がごみ処理施設に反対する確率として結果を示す．

5. GIS を用いた立地候補地の定量評価

地理的条件を考慮して建て替え候補地を選出する．建て替え候補地の選出方法は，法律によって建設できるエリアであること，指定された値以上の面積を有すること等の様々な地理的条件を満たした場所とする．GIS 上に建設できないエリアのポリゴンデータを重ね合わせ，建設可能なエリアが白色で残るように表示した．赤い点が現在のごみ処理場である．使用したデータの一覧は表 2 に示す．そうして選出された建て替え候補地でも同様に輸送コストの計算を行い，既存のごみ処理場と比較して，コストと地理的条件を考慮した最適地を提案する．

表-2 使用データ

色	データ名	不適格エリア
	用途地域	準工業地域，工業地域，工業専用地域以外
	土地区画整理事業区域	土地区画整理事業区域
	都市再開発区域	都市再開発区域
	農用地	農業振興地域・農用地区域
	公園　緑地	国立公園・国定公園・都市公園
	鳥獣保護区	鳥獣保護区
	自然保全地域	自然保全地域・原生自然環境保全区域
	河川	河川
	森林	国有林・県有林・保安林
	土砂災害警戒区域	土砂災害警戒区域・土砂災害特別警戒区域
	地滑り防止区域	地滑り防止区域
	標高　傾斜	傾斜 15%以上

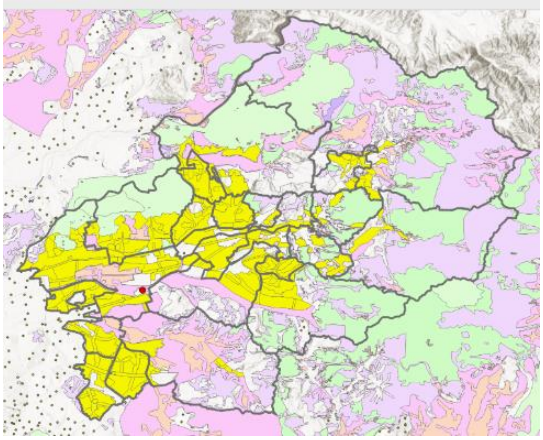


図-2 立地不適格エリア

6. 施設からの距離と反対率に関する分析

(1) 許容距離と反対率のパラメータ推定

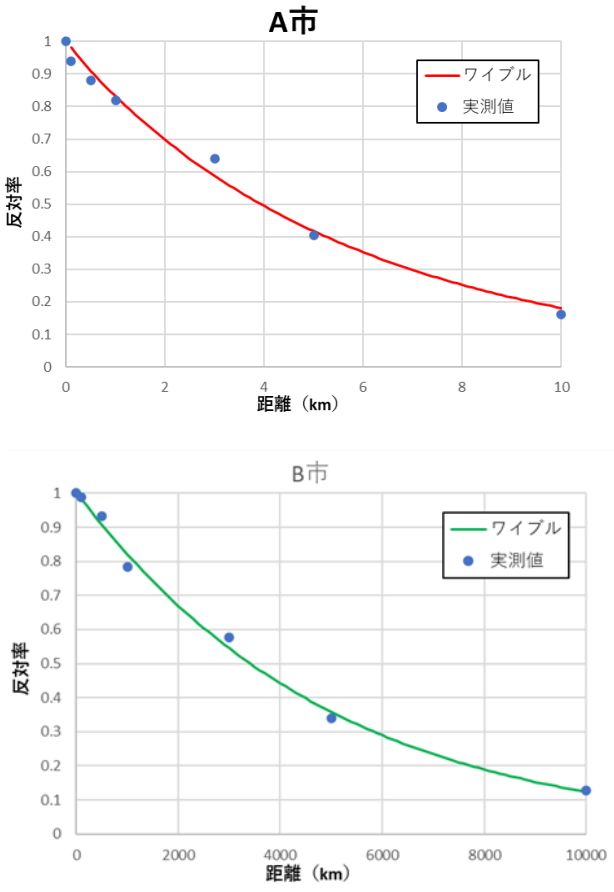
それぞれの距離に対する反対率の作成を行い，そのデータを元にワイブル分布を用いて反対率の推定を行った．本研究では，ワイブル分布のパラメータであるαとβを推定するために，以下の手順を実行した．

αとβの初期値をそれぞれ 1 と 4000 と仮定し，Excel のソルバー機能より最小二乗法を用いた．最小二乗法は実測値とモデルの予測値との間の誤差を最小化することで，最適なパラメータを求める手法である．目的関数を二乗和として定義し，その最小化を行うことで，実測データと WEIBULL.DIST 関数によって求められたワイブル分布の予測値との誤差を最小限にするようなαとβの値を見つけ出し分析を行った．

(2) 許容距離と反対率の推定結果

ワイブル分布を用いて得られた結果を元に，反対率の推定を行った．分析の結果，以下の結論が得られた．

B 市と C 市の許容距離に対する反対率は非常に似通っていた．しかしながら A 市では許容距離が遠くなった場合にも反対率が高い結果が得られた．これは他の市とは異なる特異な傾向を示しており，A 市の特殊な状況や要因によるものと考えられる．



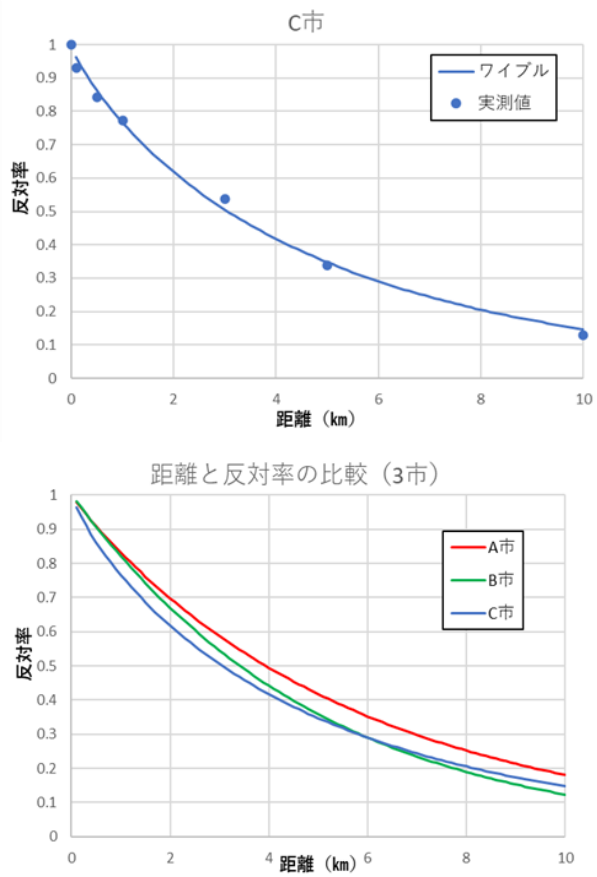


図-3 反対率推定結果

表-3 反対率パラメータ

	α	β
A 市	0.9683	5750.4725
B 市	1.0275	4879.7706
C 市	0.8582	4686.9885

7. おわりに

(1) 結果

アンケート結果の分析から，各市の許容距離と反対率の関係を明らかにした．特に A 市の結果は他の市と異なる傾向を示しており，今後の調査や施策立案において重要な示唆を与える可能性がある．輸送コスト分析では，現在のごみ処理場の総移動距離と総輸送コスト分析を行なった．

(3) 今後の課題

今後はアンケート結果から住民意識調査の結果を用いて建設候補地を具体的に選定し，同様の距離分析を行って現在のごみ処理場との輸送コストを比較し，コスト面での最適地を明らかにする．そして，総合的に最終候補地を選定する．

参考文献

1) 秋山貴・原科幸彦・大迫政浩：廃棄物処理施設に対する住民の迷惑性と距離の関係，廃棄物学会論文誌，Vol.16, No.6, pp.429-440, 2005
2) 片岡裕介・及川清昭・浅見泰司：迷惑施設の立地適正に関する数理的考察，都市計画論文集，No.39-3, pp.829-834, 2004
3) 町永凌・吉川徹：利用距離と隔離距離のバランスを考慮すべき迷惑施設の適切な配置-禁煙所を例として-，都市計画論文集，No.16, pp.61-67, 2017
4) 溝本剛志，塚井誠人，奥村誠：ネットワーク型施設配置モデルによる廃棄物リサイクル施設計画の分析，2004

STUDY ON SITE SELECTION OF THE WASTE DISPOSAL FACILITY CONSIDERING GEOGRAPHICAL CONDITIONS AND RESIDENTS' CONSCIOUSNESS

Shunsuke MICHIBA, Atsushi SUZUKI , Itsuki HAMADE

In recent years, waste treatment facilities have become increasingly obsolete, requiring the construction and transition of new facilities. However, due to the nature of garbage disposal plants, they cannot be shut down, so it is necessary to continue using the current facilities and proceed with the construction of new facilities elsewhere. Therefore, when planning the construction of a new facility, it is necessary to take into consideration transportation costs, including the distance to the final disposal site and garbage collection route, as well as various geographical conditions, including the results of a questionnaire survey. Therefore, the purpose of this study is to examine and propose the location of a new waste treatment plant, taking into consideration various geographical conditions, including the costs of transportation and treatment technology for waste treatment, and the results of a questionnaire survey.