

GISを用いた産業廃棄物処理施設の地理的集積に関する 空間統計分析

石 村 雄 一*

Spatial Statistical Analysis of the Concentration of Industrial Waste Disposal Sites

Yuichi Ishimura*

Abstract

This study is an empirical investigation of the location of industrial waste disposal sites in Japan. We tested spatial dependence among intermediate waste processing facilities as well as among landfill sites by using spatial statistical analysis and GIS. As a result, we found that spatial dependency exists in the location of industrial waste disposal sites, including intermediate waste processing facilities and landfill sites, at the 1% level of statistical significance. These results show that industrial waste disposal sites have the highest spatial dependency among waste disposal sites. This suggests that there might be an unequal distribution of waste disposal sites and other unwanted facilities among local communities, and this makes NIMBY problems much worse.

キーワード

産業廃棄物処理施設、立地決定問題、NIMBY、空間統計学、GIS

1. はじめに

廃棄物の処理施設は、消費活動や生産活動をおこなううえで必要となる施設であり、その社会的必要性は高い。しかしながら、廃棄物処理施設は一般的に迷惑施設として認識されており、一部の地域では施設の建設計画や稼働に対して住民が反対や抗議をおこない、住民紛争にまで発展するケースも少なくない。これは、NIMBY (not in my backyard) 問題として捉えられており、地域住民は施設の社会的必要性を認識する一方で、自らが住む地域における施設の建設には反対するため、施設の立地が困難になる問題である。この問題は、廃棄物処理施設をはじめ、空港、発電所、ダムなどの施設の立地や政策において発生しており、近年では福島第一原子力発電所事故によって発生した放射性廃棄物の貯蔵

*いしむら ゆういち：大阪国際大学グローバルビジネス学部講師 (2017.7.7受理)

施設などの立地場所に対しても注目が寄せられている。このようなNIMBY問題は海外においても確認されているが、特に日本のように人口密度が高い国では、顕著に現れる。田口（2003）がおこなった調査によれば、1990年代に発生した廃棄物処理施設の建設および運営に対する住民紛争の発生件数は1,218件であったことを明らかにしている。住民紛争が発生する理由として、松藤ら（2007）は生活環境や自然環境への被害といった廃棄物処理施設からの影響のほか、行政や業者の対応に関する不信感に着目して議論をおこなっている。経済学的手法を用いた研究では、Ishimura and Takeuchi（2017）は、住民紛争の発生と地域の特徴の関係性に着目し、環境資源を多く利用する地域や土砂災害が懸念される地域において、住民紛争が発生する傾向にあることを空間計量経済学的手法を用いて明らかにしている。また、廃棄物処理施設の設置と経済被害に関する研究として、Kiel and McClain（1995）、Farber（1998）、McCluskey and Rausser（2003）、Ihlanfeldt and Taylor（2004）は、廃棄物処理施設が住宅価格や地価に与える影響について分析をおこなっている。

日本では、家庭から排出される一般廃棄物については、地方自治体や一部事務組合が設置、運営する公共の廃棄物処理施設で処理がおこなわれているが、経済活動によって発生する産業廃棄物の処理施設（以下、産廃処理施設）については、市場原理に基づいて運営されており、民間業者によって設置および運営がおこなわれている。そのため、施設の立地決定においても利潤最大化や費用最小化が追求されることとなり、その結果として住民の反対が少ない地域や、相対的に規制が弱い地域において、多くの産廃処理施設が立地している可能性がある。そこで本研究では、民間企業によって運営される産廃処理施設の立地傾向に焦点をあて、焼却施設や最終処分場といった廃棄物処理施設の地理的集積の存在、および立地におけるホットスポットの検出をGISデータと空間統計学的手法を用いて明らかにする。

2. 産業廃棄物処理施設の立地状況

2.1 立地状況

日本では、経済活動をおこなう企業から発生した産業廃棄物は、まず焼却処理場やリサイクル施設において中間処理がおこなわれ、その後に焼却灰やリサイクルできない廃棄物が最終処分場で埋め立てられる。中間処理施設には、焼却処理施設、破碎施設、溶融施設などが含まれる。一方、最終処分場については、安定型最終処分場、管理型最終処分場、遮断型処分場があり、埋め立てる廃棄物の種類によって施設の構造が異なる。産廃処理施設の設置に関しては、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」によって、施設の設置に対する許可制が実施されており、都道府県、政令市、中核市が施設の設置許可事務を所管する。そのため、廃棄物処理業者は施設を建設する際に、事前に設置許可申請を行政に対しておこなわなければならない。施設の設置条件には、生活環境影響調査の実施や処理計画の策定などが義務付けられているが、地域住民との合意に関しては設置の条件に含まれておらず、たとえ住民が最終的に施設の建設に同意しなくても法律で定められた設置条件を満たす限り、施設の設置許可がおこなわれることとなる。加えて、行政はこれら民間業

者によって運営される産廃処理施設に関しては、施設の数や規模、立地場所を指定することはできない。そのため、行政による設置許可の判断をめぐって、住民と企業、企業と行政、住民と行政の間で訴訟や裁判がおこなわれることもあるほか、住民投票にまで発展した事例もある。

国土交通省（2017）によれば、2012年7月時点における産業廃棄物の中間処理施設数は11,134施設であり、最終処分場の数は671施設である。図1と図2は、産業廃棄物の中間処理施設と最終処分場の立地場所をそれぞれ示している。図1によると、中間処理施設は全国各地において立地しているが、神奈川県、愛知県、福岡県などの地域において、多くの中間処理施設が立地していることがわかる。また、群馬県、和歌山県、鳥根県などの一部の地域では周辺地域と比較して中間処理施設の立地数が少ない地域も存在することがわかる。一方、図2によると最終処分場についても全国各地において立地していることが見てとれるが、北海道、愛知県、福岡県、鹿児島県などの一部の地域においては、周辺地域と比較して多くの最終処分場が立地していることがわかる。さらに、これらの施設が立地する市町村の割合は全体のわずか18%であった。つまり、最終処分場が立地している自治体は日本全体の約2割であり、残りの8割の自治体には存在していない状況である。環境省（2014; 2015）によれば、一般廃棄物と産業廃棄物の最終処分場の残余年数はそれぞれ、約20年および約14年と逼迫している状況にあり、今後も継続的な処理能力の確保が必要である。こうした廃棄物処理施設の不足は、処理価格や輸送費用の上昇を通じて、不法投棄の増加や、広域処理の増加をもたらす。しかしながら、不法投棄や広域処理は、住民の処理業者に対する不信感や、他の地域で発生したごみを自らの地域で処理することに関する不公平感につながる。政府や地方自治体がこれに対応して、処分場設置許可基準の強化や、他の地域で発生した廃棄物に対する搬入規制をおこなうと、さらなる最終処分場の不足につながるという悪循環に陥ってしまう。結果として、住民の反対が少ない地域や、相対的に規制が弱い地域への産廃処理施設の地理的な集中をもたらしている可能性がある（図3）。

図4は、廃棄物処理施設の最適立地を示している。廃棄物処理施設の立地は、土地の価格と廃棄物の発生場所から処理施設までの輸送費用の相対価格に依存している（ポーター, 2005）。地価は大量の廃棄物が出る人口密度の高い都市から遠ざかるほど下落する。一方で、廃棄物の輸送費用は距離に比例して増加する。廃棄物処理施設の最適な立地場所は、地価と輸送費用の合計が最小となる地域 L_{opt} となり、ここでは地価の限界的な下落と輸送費用の限界的な上昇の絶対値が等しくなる。また、交通インフラが整備された場合、これは廃棄物処理施設までのごみ1トンあたりの輸送費用の減少をもたらすため、廃棄物処理施設は都市から離れたより地価が安い地域に建設されることとなる。一方で、施設の建設に対する地域住民による住民紛争は、施設を建設する廃棄物処理業者にとって、取引費用や長期の交渉による機会費用の増加をもたらすこととなる。これは、最終処分場は都市から離れたより地価が安い地域に建設されることを意味する。

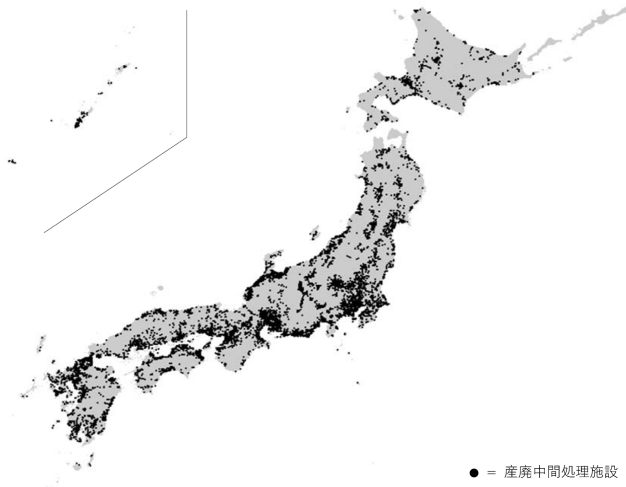


図1 産廃中間処理施設の立地場所



図2 産廃最終処分場の立地場所

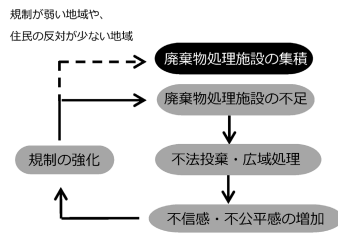


図3 廃棄物処理施設の不足の悪循環と集積

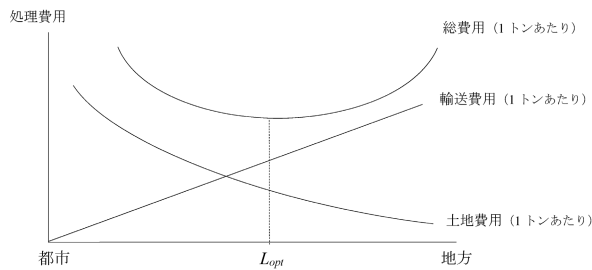


図4 廃棄物処理施設の最適立地

2.2 先行研究

廃棄物処理施設の立地傾向に関する研究としては、秋山ら（2004）、Ishimura and Takeuchi（2017）がある。秋山ら（2004）は、関東地方の1都8県における産廃中間処理施設と産廃最終処分場の立地傾向について空間統計学の手法を用いた分析をおこない、関東地方における産廃中間処理施設と産廃最終処分場の地域的な集積を示している。加えて、秋山ら（2004）は不法投棄の地域的集積の存在についても明らかにしており、産廃最終処分場の立地場所と不法投棄の発生場所には空間分布において類似性があることを指摘している。Ishimura and Takeuchi（2017）は、日本全国の市町村における産廃最終処分場の立地傾向について空間計量経済学の手法を用いた分析をおこない、日本全体でみた場合でも産廃最終処分場の地理的集積が存在することを示している。また、有害廃棄物処理施設などの他の廃棄物処理施設の存在が最終処分場の立地を誘発している可能性があることを示しているほか、産廃発生量や交通インフラなどの経済的要因が民間の産廃最終処分場の立地決定にとって重要な要因となっていることを明らかにしている。さらに、Ishimura and Takeuchi（2017）は、住民紛争が産廃最終処分場に与える影響についても分析をおこなっており、過去に住民紛争が発生した地域ほど、新たな産廃最終処分場が建設されにくい傾向があることを明らかにしている。しかしながら、これらの研究では、一部の地域のみにおける産廃処理施設の立地状況や、最終処分場の立地状況のみを取り扱っており、本研究のようにすべての地域における産廃処理施設の立地傾向を包括的に明らかにするには十分ではない。海外の研究では、Lauriand and Funderburg（2014）は、フランスにおける公共の廃棄物焼却処理施設の立地傾向と移民や失業者などの居住地域との関係性について分析をおこない、移民が多く住む地域において廃棄物焼却処理施設が立地する傾向にあることを示している。また、Stafford（2000）は、民間の有害廃棄物処理施設の立地に環境規制が与える影響を明らかにしている。

3. 空間統計分析

3.1 分析方法

本研究では、産廃処理施設の地理的な集積の存在を明らかにするために、Moran's I 統

計量 (Anselin, 1988; 1995) を用いた空間的自己相関分析をおこなう。分析対象は、陸地で繋がっている隣接自治体をもつ日本全国の1,854市区町村とする。また、分析対象とした産廃処理施設は、産廃中間処理施設と産廃最終処分場であり、それぞれの施設について分析をおこなう。なお、分析で使用した廃棄物処理施設に関するデータは、国土交通省 (2017) がwebサイトで公開している2012年7月時点における廃棄物処理施設の位置情報データを用いた。Moran's I 統計量は次のように定義される。

$$\text{Moran's } I = \frac{N}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij}} \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

ここで、Nは分析対象の市区町村数、 x_i は自治体*i*における産廃中間処理施設または産廃最終処分場の数、 $(x_i - \bar{x})$ は自治体*i*における全国の平均値からの偏差、 w_{ij} は自治体*i*と*j*の間の空間ウェイトである。また、 w_{ij} は次のように定義される。

$$w_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sum_{i=1}^N c_{ij}} \quad c_{ij} (i, j = 1, 2, \dots, N)$$

c_{ij} は自治体*i*と*j*が隣接している場合は1、隣接していない場合は0をとる。Moran's I 統計量の値は、 $-1 \leq I \leq +1$ の値を取り、+1に近ければ正の自己相関が強く、産廃処理施設の地理的集積の程度が強いことを示す。反対に、-1に近ければ負の自己相関が強く、産廃処理施設が隣同士で避け合って立地していることを示す。また、0に近ければ、産廃処理施設がランダムに立地していることを示す。Moran's I 統計量は、標準化統計量*z*によって有意性に関する検定がおこなうことができ、本分析における帰無仮説 H_0 は、産廃処理施設の立地がランダムに分布しているとする。標準化統計量*z*は次のように定義される。

$$z = \frac{I - E[I]}{\sqrt{\text{Var}[I]}}$$

また、*I*の期待値と分散はそれぞれ次のように示される。

$$E[I] = -\frac{1}{n-1}$$

$$V[I] = E[I^2] - E[I]^2$$

さらに本研究では、Getis-Ord G_i^* 統計量 (Getis and Ord, 1992; Ord and Getis, 1995) を用いて、産廃中間処理施設と産廃最終処分場の立地におけるホットスポットを検出する。Getis-Ord G_i^* 統計量は次のように定義される。

$$G_i^* = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} x_i x_j}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j}$$

ここで、 G_i^* 統計量は*z*スコアであり、正の*z*スコアは値が大きくなるほど高い値のクラスタ化が強い (ホットスポット) ことを示し、負の*z*スコアは値が小さくなるほど低い値のクラスタ化が強い (コールドスポット) を示す。

3.2 分析結果

表1は、Moran's I 統計量による分析結果を示している。分析の結果、産廃中間処理施設は1%の有意水準で正の空間的自己相関があることが明らかになった。これは、ある自治体に多くの産廃中間処理施設が立地している場合に、その周辺自治体においても多くの施設が立地していることを示している。そのため、産廃中間処理施設が地理的に集積して立地していることが明らかになった。また、産廃最終処分場についても1%の有意水準で正の空間的自己相関があることが明らかになり、産廃最終処分場が地理的に集積して立地していることが明らかになった。さらに、中間処理施設と最終処分場を合わせた産廃処理施設全体で分析した場合でも正の有意な結果となり、産廃処理施設の立地において地理的な偏りがあることが明らかになった。これは、あらゆる種類の廃棄物処理施設がいくつかの地域に集中して立地している傾向にあることを示しており、廃棄物処理施設の空間的配置において偏りがあることを示唆している。これらの分析結果は、関東地域における産廃処理施設の集積の存在を明らかにした秋山ら（2004）の研究結果と合致しており、日本全体でみた場合であっても産廃処理施設の集積が存在していることが明らかになった。

次に、Getis-Ord G_i^* 統計量によるホットスポットの検出結果を図5と図6に示す。図5は、産廃中間処理施設が局所的に立地している地域を示している。ここから主に富山県、石川県、群馬県、愛知県、静岡県、鹿児島県においてホットスポットが存在していることが明らかになった。一方、図6は産廃最終処分場が局所的に立地している地域を示しており、北海道においてホットスポットが存在していることが明らかになった。北海道では全体の約21%にあたる139施設の産廃最終処分場が立地しており、産業廃棄物処理業者にとって、面積が広く人口密度が低い地域や、土地費用が低い地域において、最終処分場を立地しやすいことが伺える。

表1 Moran's I 統計量による分析結果

	Moran's I	z-value	p-value	
産廃中間処理施設	0.127	8.961	0.000	***
産廃最終処分場	0.123	8.695	0.000	***
産廃処理施設（中間+最終）	0.126	8.837	0.000	***

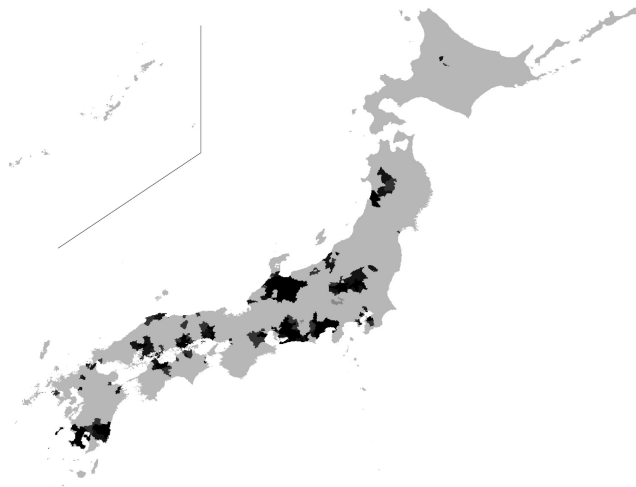


図5 Getis-Ord G_i^* 統計量による分析結果（中間処理施設）

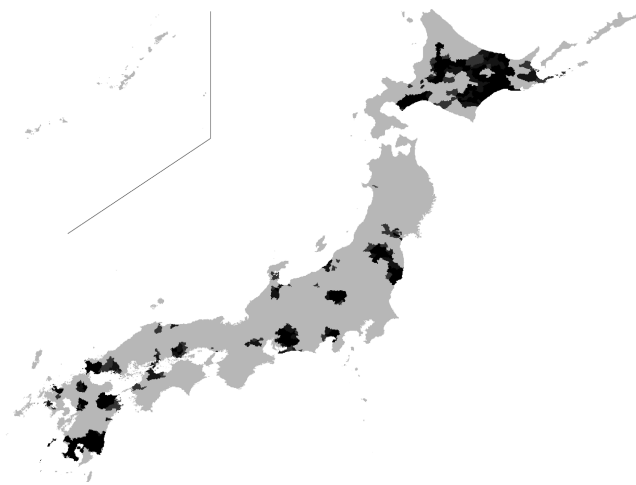


図6 Getis-Ord G_i^* 統計量による分析結果（最終処分場）

4. 結論

本研究では、民間業者によって運営される産廃処理施設の立地傾向に焦点をあて、空間統計学の手法を用いて廃棄物処理施設の地理的集積の存在について分析をおこなった。分析の結果、産廃中間処理施設の立地に正の空間的自己相関があることが明らかになり、中間処理施設が地理的に集積して立地していることがわかった。加えて、産廃最終処分場の立地についても正の空間的自己相関があることが明らかになり、最終処分場が地理的に集

積して立地していることが示された。さらに、Getis-Ord G_i^* 統計量によるホットスポットを検出した結果、北海道や鹿児島県などの一部の地域において産廃処理施設が局所的に集積して立地していることも明らかになった。

近年におけるリサイクル政策の進展にともなって、日本における廃棄物の最終処分量は大きく減少している。一般廃棄物と産業廃棄物の最終処分量は1995年から2012年にかけて、それぞれ60%および80%以上減少した。そのため、最終処分場の新規建設も以前よりは少なくなっていくことが予想されるが、廃棄物処理施設に関するNIMBY問題は、今後も重要な政策課題として残っていくものと思われる。例えばリサイクル施設の建設は、今後も増えていくだろう。リサイクル施設は循環型社会の構築に貢献する施設であるが、周辺住民にとっては騒音や悪臭の発生源と見なされ、建設に反対する運動が起きるケースも多い。また、焼却処理施設や最終処分場の建設は少なくなっていくことが予想されるとはいえ、広域化によって施設受け入れの不公平感が増し、NIMBY感情はむしろ強まるかもしれない。さらに福島第一原子力発電所事故の後、放射性廃棄物を処理するための施設立地について盛んな議論がおこなわれている。これらのことを考えると、今後も廃棄物処理施設に関するNIMBY問題が継続することが考えられる。

産廃処理施設は、民間業者によって市場原理のもとで運営されている。廃棄物処理施設の立地における効率性の追求は、施設の空間的配置に対する公平性の欠如をもたらし、それがNIMBY問題を悪化させている可能性がある。そのため、廃棄物処理施設をはじめとしたあらゆる迷惑施設の空間的配置に対する政策が必要とされる。

参考文献

- 秋山貴、大迫政浩、松井康弘、原科幸彦「産業廃棄物処理施設と不法投棄の空間分布特性—関東圏を対象として—」、*廃棄物学会論文誌*、Vol. 15、No. 2、121-130、2004年。
- Anselin, L., *Spatial econometrics: methods and models*, Springer, 1988.
- Anselin, L., Local indicators of spatial association—LISA, *Geographical Analysis* 27, 93-115, 1995.
- Farber, S., Undesirable facilities and property values: a summary of empirical studies, *Ecological Economics* 24, 1-14, 1998.
- Getis, A., Ord, J.K., The analysis of spatial association by distance statistics, *Geographical Analysis* 24, 189-206, 1992.
- Ihlanfeldt, K. R., Taylor, L. O., Externality effects of small-scale hazardous waste sites: evidence from urban commercial property markets, *Journal of Environmental Economics and Management* 47, 117-139, 2004.
- Ishimura, Y., Takeuchi, K., 2015. Does Conflict Matter? Spatial Distribution of Disposal Sites in Japan, *Environmental Economics and Policy Studies* 19, 99-120, 2017.
- 環境省「一般廃棄物の排出及び処理状況等について（平成24年度実績）」、2014年。
- 環境省「産業廃棄物処理業の許可等に関する状況（平成24年度実績）」、2015年。
- 国土交通省「国土数値情報ダウンロードサービス」<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>、（閲覧日：2017年7月7日）。
- Kiel, K.A., McClain, K.T., The effect of an incinerator siting on housing appreciation rates. *Journal of Urban Economics* 37, 311-323, 1995.
- Laurian, L., Funderburg, R., Environmental justice in France? A spatio-temporal analysis of incinerator location, *Journal of Environmental Planning and Management* 57, 424-446, 2014.
- 松藤敏彦、藤本有華「廃棄物処理施設周辺住民の反対理由に関するヒアリング調査分析」、*廃棄物学*

国際研究論叢

- 会論文誌、Vol. 18、No. 6、400-409、2007年。
- McCluskey, J.J., Rausser, G.C., Hazardous waste sites and housing appreciation rates, *Journal of Environmental Economics and Management* 45, 166-176, 2003.
- Ord, J.K., Getis, A., Local spatial autocorrelation statistics: distributional issues and an application, *Geographical Analysis* 27, 286-306, 1995.
- リチャード・C・ポーター 『入門 廃棄物の経済学』、東洋経済新報社（石川雅紀・竹内憲司訳）、2005年。
- Stafford, S.L., The impact of environmental regulations on the location of firms in the hazardous waste management industry, *Land Economics* 76(4), 569-589, 2000.
- 田口正己 『「ごみ紛争」の展開と紛争の実態—実態調査と事例報告』、本の泉社、2003年。