

## 中間処理施設の集約及び最適立地に関する研究

日大生産工(院) ○SALA-NGAM SARINYA

日大生産 鈴木邦成 日大生産工 豊谷純  
日大生産工 若林敬造 日大生産工 渡邊昭寛

### 1. 本研究

近年、循環型社会の構築に大きな注目が集まっているが、それにあわせて企業活動と環境との関係もその重要性が高まりつつある。廃棄物処理などをめぐる静脈ビジネス市場は今後、より一層の拡大を遂げる方向にある。関連業界の期待もきわめて大きいといえる。企業にとって産業廃棄物を適正に処理していくことがきわめて重要な意味を持つ時代となってきたといえよう。しかし産業廃棄物などを適正処理していくプロセスや段取り、あるいは静脈物流システムの戦略的な構築についての議論、考察は十分とはいえない。

そこで、本研究では循環型社会の構築を意識しながら、産業廃棄物の一連のプロセスや静脈物流の戦略的な構築について、千葉県における中間処理施設の立地問題を事例として取り上げ、検証していくことにする。

### 2. 中間処理施設の役割

廃棄物の処理のプロセスや責任は産業廃棄物と一般廃棄物により異なるが、産業廃棄物の場合、廃棄物処理法による排出事業者が自らの責任で処理を行わなければならない。

排出事業者が産業廃棄物を工場内などにある自社施設で廃棄物を処分する場合、一定期間、自社施設で保管し、自社の車両で処分施設まで収集運搬すること

もあるが、排出事業者が自らの産業廃棄物を処理することが難しいケースも多々見受けられる。

そこでそうした場合、排出事業者は専門の廃棄物処理事業者に委託することができる。実際、現状では多くの排出事業者が業務委託を行っている。

なお、排出事業者からの委託を受けて収集運搬、中間処理、最終処分を行う事業者のことを「廃

棄物処理事業者」という。産業廃棄物の処理を排出事業者から委託を受けて行う場合には収集運搬業、処分業の許可を取得する必要がある。ちなみに排出事業者が自らの産業廃棄物を自社で運搬、処理する場合には許可は不要ない。ただし排出事業者が処理事業者に処理を委託しても、あくまで最終的な責任は排出事業者にある。

それゆえ排出事業者は慎重に適切で信頼できる処理事業者を選定する必要がある。

工場などから排出された産業廃棄物は再資源化などを目的に中間処理場に収集運搬される。

なお、産業廃棄物を排出した工場などは別の場所に移して一時保管することもある。これを「積替え保管」という。工場などの排出事業場から直接、あるいは積替え保管を経て、産業廃棄物は中間処理場に運搬されることになる。

中間処理場では最終処分やリサイクルを見すえた適正処理が行われる。すなわち廃品・廃材などの特性をふまえての分別・選別、破碎、焼却、熔融、脱水などである。それぞれに免許が必要で免許がなければ

中間処理を行うことができない。

中間処理施設で分別・選別や破碎をすることでリサイクル工程への流れをスムーズにする。

また廃品・廃材などを高温で溶かしたり、脱水して汚泥などから水分を除去したりすることで最終処分への移行を円滑に行えるようにもする。

### 3. 千葉県における中間処理施設の現状と課題

産業廃棄物処理における中間処理は、基本的には県単位で行われる。これは中間処理のために回収する産業廃棄物の動線が県をまたぐかたちになると、不法投棄などのリスクが出てくるためである。しかしながら度重なる廃棄物処理

---

## A study on The Optimal and The Intensive Location of The intermediate Treatment Facilities in Chiba

Sarinya SALA-NGAM, Kuninori SUZUKI, Jun TOYOTANI  
Keizou WAKABAYASHI and Akihiro WATANABE

法の改正で、不法投棄の罰則規定は強化され、ある程度の広域回収を行っても、不法投棄が増加するリスクは近年、減少している。むしろ、これまでよりも広いエリアで回収システムを構築することで静脈物流の効率化を推進していく流れが顕著になりつつある。

本研究ではその点を踏まえ、千葉県の中小規模の中間処理施設を集約し、施設の大規模化を図ることでいかに効率化を実現できるかを検証することにする。

図1は千葉県の中間処理施設の現状を踏まえてのシミュレーションのイメージ図である。千葉県には中小規模の中間処理施設が200以上存在し、それぞれ地場の製造業、流通業などから廃材及び廃品を回収し、中間処理を行う。

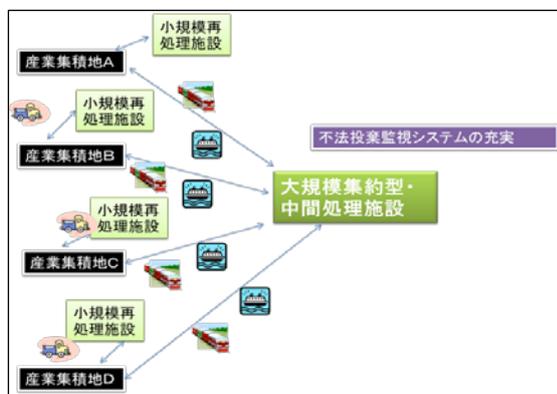


図1 シミュレーションのイメージ

しかしながら、個々の中間処理施設の規模は、その多くが日次レベルの処理量が、10トンにも満たない小規模なものである。そのためせっかく地場の中間処理施設で処理しても、リサイクル品として出荷する場合の物流の動線が必要以上に長くなることになる。

そこで、まずは大規模な中間処理施設を既存の中小規模の中間処理施設から大規模回収の際の回収拠点として、効率化を実現するために検討していく。さらに、県内の中間処理施設の最適立地となるロケーションはどこになるかを検討して、最初に最大規模を回収とした拠点と距離などで比較して、回収拠点とする為にどれが一番効率が良いのか検討を行う。

本研究ではその点を踏まえ、まずは千葉県で廃プラスチック類、金属類を最も大規模に中間処理を営んでいると考えられる施設に集約することで回収拠点を検討することとする。

## 4. 研究方法

### 4.1 対象範囲

今回の研究対象範囲は千葉県を中心として、中間処理施設を調査した。図2は、最大規模の中間処理施設とそれに次ぐ、規模の中間処理施設29ヶ所である。



図2 千葉県における中間処理施設

### 4.2 処理施設の集約及び最適立地の検討

#### (1) 処理施設の集約施設の求め

先述のように、既存の中間処理施設の中に最大規模な施設を集約施設とすることでいかなる効果を創出できるように検討することとする。

本研究は図2に表したように、30ヶ所の中間処理施設の位置座標と処理能力が一日にどれくらいできるのかを調査した。結果は表1のようになる。

表1 千葉県の中間処理施設の位置座標と処理能力

No.	中間処理施設	緯度	経度	処理能力(t/日)
1	A	35.9374	139.90315	165.31
2	B	35.93285	139.90465	169.10
3	C	35.87365	140.48195	199.20
≈ ≈ ≈				
25	Y	35.45807	139.99947	696.00
26	Z	35.37490	139.89993	515.76
27	AA	35.36942	139.89880	182.40
28	AB	35.32930	140.11695	169.62
29	AC	35.12103	139.91969	208.62
30	AD	34.98484	139.84771	576.00
合計		1068.626	4206.1089	8203.89

表 1 により、一日の処理能力が一番多いのは Y 会社となることが分かった。従って、最大規模施設は Y 会社となって、Y 会社を回収施設として活用することとする。

## (2) 処理施設の最適立地の求め

今回は、ミルクラン方式を参考にして、中間処理施設の最適立地を求める。その前に中間処理施設の中心地を求める必要となる。

本研究では中心地を求める為には、岡部と鈴木の密度関数<sup>1)</sup>を参考にする。この参考により、対象範囲にある処理施設の位置座標を $(\bar{x}_j, \bar{y}_j)$

とし、ここで、 $j=1\sim N$ として $N$ が処理施設の総数を示して処理施設の密度を $f(\bar{x}_j, \bar{y}_j)$ 定義す

ると、その対象範囲の面積 $A$ における処理施設の数はその面積で積分することによって、次式で求められる。

$$p_j = \iint_A f(\bar{x}_j, \bar{y}_j) dx dy \quad (1)$$

中心地の位置座標を $(x, y)$ とし、ここから処理施設の地点までの距離を $d$ として、この $d$ は次の式で求められる。

$$d = \sqrt{(x - \bar{x}_j)^2 + (y - \bar{y}_j)^2} \quad (2)$$

また、中心地から処理施設を回収する総走行距離を $T$ 示すと、 $T$ が次式のように求められる。

$$T = \sum_{j=1}^N d_j p_j = \sum_{j=1}^N \sqrt{(x - \bar{x}_j)^2 + (y - \bar{y}_j)^2} \iint_A f(\bar{x}_j, \bar{y}_j) dx dy \quad (3)$$

総走行距離が最小値となる可能性になる為に、(3)式を $x, y$ で偏微分して、0となる値を解けば良いという条件であるので、(3)式を $x, y$ で偏微分すると、次式で与えられる。

$$x = \frac{\sum_{j=1}^N x_j}{N} \quad \text{及び} \quad y = \frac{\sum_{j=1}^N y_j}{N} \quad (4)$$

次は、(4)式から求める中心地の周囲にいくつかの候補地を作ってミルクラン方式により、その候補地からグループごとに既存の処理施設を回って、回る総合距離が最小となる候補地を検討する。これにより、処理施設をグループ化する必要となる。今回は処理施設を四グループに分けることにして、プログラムで処理施設を10トンのトラックで回る総走行距離が最小となる候補地を自動的に計算する。その総走行距離が最小となる候補地が最適立地となる。

## 4.3 集約施設及び最適立地から中間処理施設へ回収するルートの求め

プログラムを使用して、最大規模の集約とした施設と最適立地からグループごとに処理施設を10トンのトラックで回って、最適なルートと総走行距離を求める。

## 5. 研究結果

既存の最大規模施設を集約とした拠点の位置とミルクラン方式によって検討できた最適立地の結果または、その場所から処理施設へのプログラムで求められた回収ルートの結果をシミュレーションとして表すと、図3と図4になる。

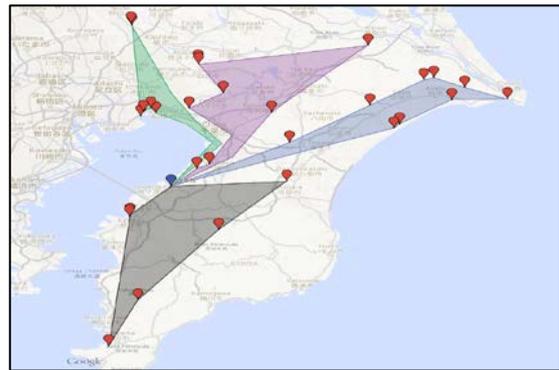


図3 最大規模を集約とした施設（青点）と回収ルートのシミュレーション

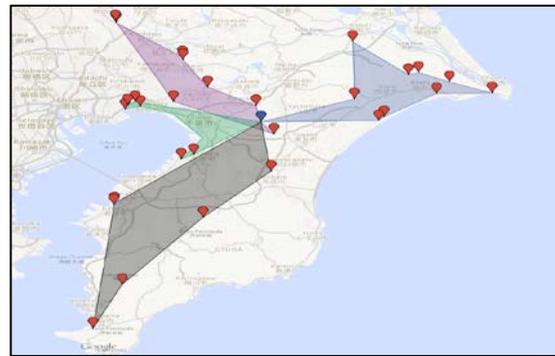


図4 最適立地（青点）と回収ルートのシミュレーション

さらに、検討できたシミュレーション（図3と図4）の通りに総走行距離（キロ）と輸送量（トンキロ）を求める。総走行距離はプログラムで自動的に計算する。輸送量は走行距離を $D$ とし、積載重量を $W$ とすると、以下の式のように求められる。

$$T \cdot K = \sum D \times \sum W \quad (5)$$

そして、計算できた総走行距離と輸送量の結果をグラフで表すと、以下のようになる。

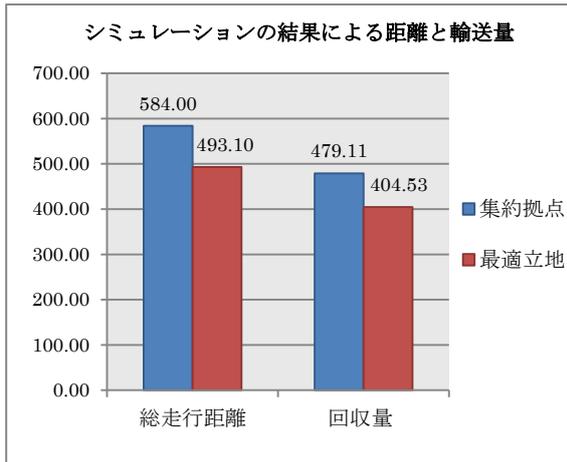


図5 集約と最適立地から処理施設までの総走行距離と輸送量

## 6. 考察

本研究により、まずは千葉県における最大規模な処理施設、Y 会社を起点として県内の小規模な処理施設を集約し、効率化を図るという改善策を検証することができた。その検証できた改善策が図3のように、ミルクラン方式によって集約施設に中間処理施設から処理する物を回収するルートのシミュレーションを行った。

その結果、最大処理施設に対して、それに次ぐ規模の29ヶ所の施設から、本研究で導き出されたルートにより回収を行うことで効率化を実現することが明らかになった。

さらに、プログラムを利用して対象とした中間処理施設の最適立地を求めて、千葉県八街市根古谷の所が最適立地となることが分かった。また、この場所から29ヶ所の拠点への回収ルートを求めて、回収ルートのシミュレーションを図4のように行った。

最適立地と集約とした既存の最大規模施設からの回収ルートを総走行距離で比較すると、最適立地の方が一日にトラックの走った距離が約100キロ小さくなることが分かった。さらに、回収量の結果を見ると、集約拠点より約75×10<sup>4</sup>トンキロで回収する重量が小さいことが分かった。

これにより、中小規模の中間処理施設がそれぞれ地場で廃材及び廃品を回収して中間処理を行うことより、図3のようなシミュレーションで最大規模の集約施設まで回収することの方が効率があるが、最適立地を起点として処理施設から回収することが最も効率化が良い。

なお、当該シミュレーションを実務において実現する為に、10トントラックで約820台が必要となることが分かる。ちなみに、これは中堅物流企業が関東エリアで日次で運送行為を行う際のトラック台数とほぼ合致する。その点から判断しても、適正なトラック台数であるということがわかる。また、当該最大処理施設(Y社)は現状の処理能力が一日当たり696トンであり、千葉県における中間処理を集約するためには日次レベルで8000トンの回収を行う必要があり、そのためには施設規模を現行の12倍を増やして対応することになるということが明らかになった。

以上をまとめると、千葉県の中間処理施設が中間処理をそれぞれ行うことより、図3のようなシミュレーションで中小の処理施設から最大規模の集約施設まで回収し、処理を行う方は効率がある。より、最適立地を起点として図4のように処理施設から回収するルートのシミュレーションを行った方が最も効率化が良い。

または、今回検討した図3と図4に示すシミュレーションによるルート構築で回収効率化を図り、トラック数及び規模の適正化を行う必要であることが明らかになった。

## 「参考文献」

- 1) 岡部篤行, 鈴木敦夫, 最適配置の数理, 朝倉書店, (1992) p.52-79.
- 2) サアラアガム, 豊谷, 若林, 渡邊, タイバンクにおける配送センターの効率化に関する研究, 日本ロジスティクスシステム学会, (2013) p.37-40.
- 3) 鈴木邦成, 若林敬造, 渡邊昭廣, 唐澤豊, 坂巻英一, リバースロジスティクス支援システムのドメイン分析, 及びモデリング, 日本ロジスティクスシステム学会第, (2013) p.175-178.
- 4) 豊谷純, サアラアガム・サリンヤア, 鈴木邦成, 若林敬造, 渡邊昭廣, 村田康一, 積荷回収経路の情報システム化によるリアルタイム最適化問題, 日本ロジスティクスシステム学会, (2014) p.133-136.
- 5) 千葉県における中間処理業者の施設を公開するサイト, <http://www.pref.chiba.lg.jp/haishi/shorigyou/>
- 6) Geocode Web Site, <https://www.geocoding.jp>
- 7) Google maps Web Site, <https://www.google.co.jp/maps/>