

集合被覆問題によるごみ収集・運搬システム計画モデルの開発

富山県立大学 工学部 環境・社会基盤工学科 学生会員 内藤日向子

1. 研究背景

日本の平成 30 年度における一般廃棄物の総排出量は 4272 万トンとなっている。一般廃棄物の排出量を排出形態別でみると、生活系ごみが約 69%を占めており、生活系ごみの処理・収集に多くの費用が割かれている[1]。また、一般廃棄物のごみ集積所の数は増加傾向にある。ごみ集積所が増加すると、収集経路が複雑になり収集時間が長くなり、人件費や燃料費が増加することが考えられる。本研究の対象である南砺市では急激な人口減少により自治体財政の逼迫が深刻化しており、財政支出の見直しが急務となっている。このような情勢の中、無秩序に増産されるごみ集積所の在り方が問題視されている。また、ごみ処理体制の効率化の一環として、現在稼働している 2 つの廃棄物処理場を一カ所に統一される計画が進められている。この計画実施による収集・運搬時間・費用がどの程度変化するのかを明らかにすることは、本統合計画において重要な課題となっている。

2. 研究目的

本研究の目的は、実際の道路網ネットワークを対象としたルート最適化問題を解く収集・運搬計画モデルの開発である。また、本論文では、開発した収集運搬モデルを用いて、ごみ集積所の数量を抑制した場合の収集運搬費用への影響、及びごみ処理場の統一化による収集運搬費用への影響を明らかにする。

3. 研究方法

実際の道路網ネットワークを扱うことで発生する膨大な計算量に対応する手法として、本研究では集合被覆問題として収集・運搬ルート最適化計算を行う。集合被覆問題として、収集運搬計画モデルの定式化を示す。本モデルの目的関数は、すべてのごみ集積所を回る時の収集運搬費用の最小化である。

$$\sum_{r \in R} t_r \cdot c^{(m)} \cdot m \cdot y_r + \sum_{r \in R} d_r \cdot g \cdot y_r + c^{(Y)} \cdot Y \rightarrow \min$$

制約条件はごみ集積所が一回以上回収ルートに組み込まれること、収集車の台数制約である。

$$\sum_{r \in R} a_{i,r} y_r \geq 1, (\forall i \in L)$$
$$\sum_{r \in R} y_r = Y$$

ここで、 r は候補ルート、 R はルート集合、 t_r はルート r の回収時間、 $c^{(m)}$ は作業員の時給(円/時間)、 m は作業人数(人)、 d はルート r の移動距離(m)、 g は単位距離当たりの経由費(円/m)、 $c^{(Y)}$ は回収車一台当たりの維持管理費(円/週)、 Y は回収車の台数である。 $a_{i,r}$ は集積所 i の部分ルート r への割り当てである。

$$a_{i,r} = \begin{cases} \text{ルート } r \text{ が集積所 } i \text{ を巡るときは } 1 \\ \text{そうでないときは } 0 \end{cases}$$

y_r は部分ルートを選択するか否かを表す 0-1 変数である。

$$y_r \in \{1,0\}, (\forall r \in R)$$

モデルの諸設定は表 1、2 のようになる。

また、ごみ集積所の数量を抑制した際に集積所の再配置を以下の手順で行った。

- ①ごみ集積所までの距離（現状）と延長可能距離をアンケートで聞く。アンケートの結果を表 3 に示す。
- ②GIS 地図データ上で、各戸の属性に近いアンケート結果を紐づけし、各戸からの許容距離を設定する。

表 1. ごみ収集のコスト

人件費(円/h)	ガソリン代(円/km)	維持管理費(円/台・週)
3833.3	16.81	13982.85

表 2. 積み込み作業にかかる設定条件

準備時間 [s]	積み込み速度 [kg/s]
16.7	0.77

表 3. 南砺市の住民の現状の距離と許容距離

現在の距離	50m以下	51m~100m	101m~150m	151m~200m	201m~250m	251m以上
許容距離	39.13	54.94	57.1	51.79	57.94	60.52

③再配置したステーションがすべての家を網羅するように集合被覆問題を解く。

4. 研究結果

(1)現状のごみ集積所配置での費用の推計

現状の南砺市のごみ集積所配置での収集運搬費用を図2に示す。地区を1回ごみ収集するのにかかる費用は城端地区が138,750円、福光地区が305,909円、平・上平地区は61,062円、利賀地区は46,279円、井口地区は15,582円、福野地区は446,858円、井波地区が128,306円となった。福光地区、福野地区の収集・運搬費用が高いのは、可燃ごみの集積所数が253カ所、192カ所と多いことが挙げられる。南砺市全体での収集・運搬費用の年間合計値は約7,960万円である。

(2)再配置後の収集運搬費用の推計

ごみ集積所を住民が許容する範囲を考慮してごみ集積所の数を削減し、再配置した結果は以下の表3に示す。集運搬費用は図4に示す。ごみ収集・運搬1回にかかる費用は、城端地区が138,750円、平・上平地区が59,530円、利賀地区が30,521円、井口地区が10,894円、福野地区が251,719円、井波地区が123,600円となった。南砺市全体では再配置前が836,837円に対して再配置後は611,073円と27%減少した。

(3)ごみ処理場が変更した場合の効果

本研究で開発した収集運搬計画モデルを用いて、城端地区、福光地区、井口地区、平・上平村地区の搬入先を南砺リサイクルセンター（南砺市立野原西地内）からクリーンセンターとなみ（富山県砺波市太田 1873-1）へ変更し、上記変更地区の再計算を行った。結果を図4に示す。ごみ処理場統一後の収集・運搬費用の南砺市全体での合計値は8510万円になった。統合前の7960万円と比較すると、550万円の増加（約7%の増加）となった。

5. おわりに

本研究では、集合被覆モデルを用いた収集運搬計画モデルを構築し、富山県南砺市を対象に収集運搬費用を算出した。南砺市の現状の収集運搬費用に比べ、ごみ集積所数を抑制した後の収集運搬費用は27%減少した。また、ごみ処理場が現状の2施設から1施設に統一された場合の収集運搬費用は統一前と比べ、7%増加した。

実際の道路網を対象としたごみ収集運搬の最適ルー

ト探索ツールができたこと、および南砺市における実証的検討の結果は、南砺市だけでなく他の自治体における今後のごみ処理システム計画においても活用できるものとする。

6. 引用・参考文献

[1]環境省. 一般廃棄物処理事業実態調査(平成30年度)について

http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h30/data/env_press.pdf(2020年5月21日閲覧)

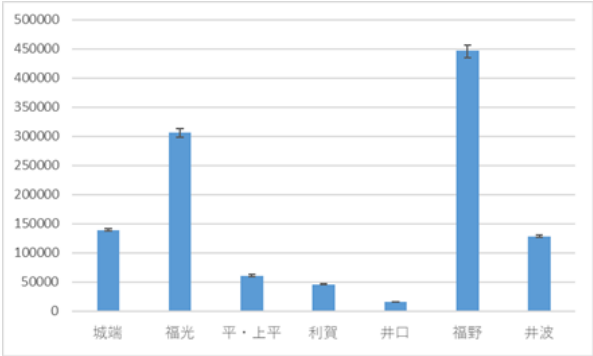


図2. 現状の収集運搬費用

表4. 再配置前後のごみ集積所数

		井口	福野	城端	福光	利賀	井波	平・上平	合計
再配置前	可燃ごみ	11	192	125	253	62	168	72	883
	資源、不燃ごみ	18	70	67	125	26	63	57	426
再配置後	可燃ごみ	9	131	77	173	17	89	35	531
	資源、不燃ごみ	8	65	29	115	11	59	32	319

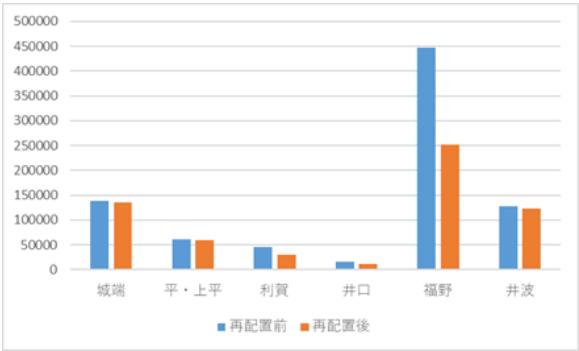


図3. 再配置後の収集運搬費用



図4. ごみ処理場変更後の費用