

第Ⅶ部門

南海トラフ巨大地震を想定した災害廃棄物処理システムの費用分析

神戸大学大学院
神戸大学大学院
神戸大学大学院

学生員 ○若林 陽平
非会員 蔡 佩宜
正会員 田畑 智博

1. はじめに

今後発生が予想される大規模地震として、南海トラフ巨大地震がある。南海トラフ巨大地震の災害廃棄物発生量は、東日本大震災の約 11 倍と推計されている。それを踏まえ、三重県では自区内に分別仮置場を設置した災害廃棄物処理計画を検討している。循環型社会からみても、廃棄物における輸送や分別・リサイクルは重要であり、分別仮置場を考慮した災害廃棄物処理システムは必要不可欠であると考えられる。

本研究では災害廃棄物処理システムの構築を仮置きからリサイクルまでにかかる費用を分析することを目的とする。これを実施するため、三重県南伊勢町を事例として、特定廃家電(テレビ、冷蔵庫、洗濯機、エアコン)を対象とした分析を行う。はじめに、原単位法を用いた廃棄物の仮置必要面積の推計と仮置場候補地の面積調査を行い比較する。次にトラック輸送配分を行い、それに伴うトラック渋滞費用や特定廃家電におけるライフサイクルコスト分析を行い、最後に、災害廃棄物処理システムについて考察する。

2. 研究の方法

本稿では、南海トラフ巨大地震が発生して津波被害に伴って発生する災害廃棄物を対象とした。三重県三重県庁は、居住人口 500m メッシュデータ、津波ハザードマップのポイントデータを県HPで公開している。津波浸水深 2m 以上の地区内の建物は全壊すると想定し、上記データを重ね合わせることで、図 1 で災害廃棄物発生量(全 29 メッシュ)を推計した。全体の災害廃棄物発生量は環境省、特定廃家電の発生量は田畑ら¹⁾をもとに推計した後、仮置必要面積を文献²⁾より算出した。なお、分別仮置場では、某豪雨災害被災地での視察をもとに、特定廃家電は平置きし、その他の災害廃棄物は 5m 積み上げると想定した。次に Google Earth を用いてメッシュごとに分けて測った(自区内の駐車場、荒地、海岸、グラウンド等計 218 か所)仮置場候補地面積(調査面積)をメッシュごとの廃棄物必要面積と比較した後、図 2 の処理システムを基に廃棄物を配分した。その際に仮置場がひっ迫しているメッシュがある場合の配分モデルとメッシュごとの余剰面積を分別仮置場としたときの配分モデルを式(1)に示す。これらのモデルには、メッシュ中心点間の距離を利用する。配分後、それに伴うトラック台数を参考文献³⁾から式(2)を設定し算出し、最後に保管仮置場～分別仮置場間



図 1 災害廃棄物の発生量推計(500m メッシュ)

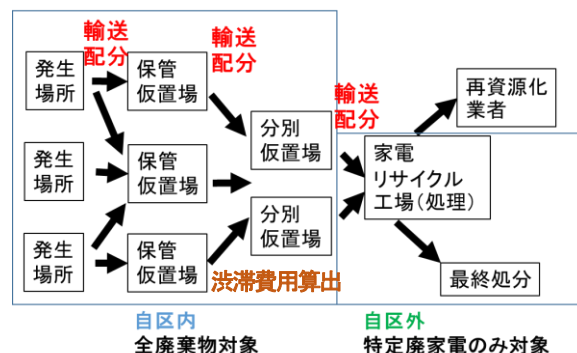


図 2 廃棄物処理システム

$$\begin{aligned} \text{トラック総必要台数(台・日)} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{w_{ij}}{A_{ij}} \\ A_{ij}(\text{トラック輸送能力}(\frac{\text{トン}}{\text{台}} \cdot \text{日})) &= D_{ij}(1 \text{ 日の往復回数}) \times T(\text{トラック積載容量: } 40 \times 10 \text{トン} \times 0.7(\text{積載率})) \end{aligned}$$

$$D_{ij} = \frac{80 \times 24(\text{回} \cdot \text{時} / \text{日})}{2 \times \frac{l_{ij}(i \sim j \text{ 間距離}(km))}{37.1(\frac{km}{\text{時}}):(\text{トラック速度})} + 0.31(\text{時}):(\text{積み下ろし時間})} \quad (2)$$

トラック輸送における分別仮置場入口のボトルネック渋滞総時間を図 3 より導出し、また保管仮置場～分別仮置場間トラック輸送における幹線道路(約 50km)渋滞も懸念することから式(3)の BPR 関数を用いて道路渋滞総時間を算出した。ただし、式(3)のパラメータは文献⁴⁾から引用し、渋滞総費用換算は文献²⁾をもとに 4t トラック 4775 円(円/台・時)、10t トラック 6950(円/台・時)の時間費用を用いるとする。

$$t_a(x_a) = t_{a0} \cdot \left\{ 1 + \alpha \cdot \left(\frac{x_a}{C_a} \right)^\beta \right\} \quad (3)$$

Minimize

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (i \sim j \text{ 間輸送廃棄物量}(t)) \times l_{ij} (i \sim j \text{ 間距離}(km))$$

$$\text{Subject } \sum_{j=1}^n w_{ij} = W_i (\text{配分元廃棄物量}(t))$$

$$\sum_{j=1}^n w_{ij} \leq W_j (\text{配分先廃棄物量}(t))$$

(1)

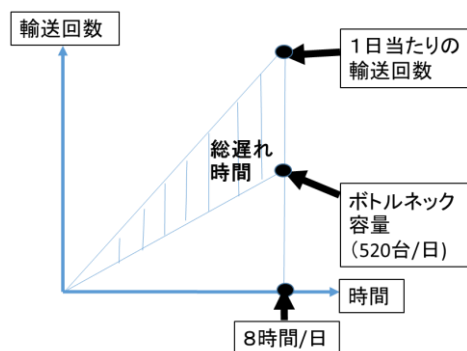


図3 ボトルネックにおける総遅れ時間の算出

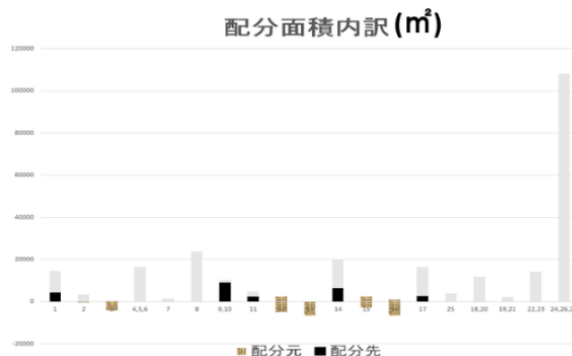


図4 メッシュごとの保管仮置場余剰面積

但し、 t_a : リンクの旅行時間、 t_{a0} : リンクの自由旅行時間(ゼロフローの旅行時間)、 C_a : リンクの交通容量[台/時](=380)、 x_a : リンクの交通量、 α : パラメータ(=0.48)、 β : パラメータ(=2.82)

3. 結果と考察

結果を示す。まず、メッシュ全体での推計廃棄物は約 143 万 t となり、仮置必要面積に換算すると約 29ha となった。対してメッシュ全体での調査面積は約 54ha であり、そのうち公有地面積は約 10% となった。次に、図 4 よりメッシュにおける保管仮置必要面積が調査面積を超過している箇所が 5 カ所あり、安全確保としてひっ迫しているメッシュの調査面積を 20%確保するよう他の余剰面積メッシュに廃棄物を配分した。その結果、配分に必要な総トラック台数は 24(時間/日)作業を行うと仮定した場合、46 台で費用にすると約 530 万円となった。

図4を基に余剰面積があるメッシュの中で 1ha 以上の仮置場を分別仮置場と仮定した場合、分別仮置場が 9 カ所あり、それらを分別仮置場全体からの面積規模割合になるよう廃棄物を配分した。結果、8 時間/日の作業を行うと仮定したとき、保管仮置場～分別仮置場間のトラック総必要台数は約 6 万 7 千台、費用は約 26 億円となった。

次に、渋滞における期間別損失費用を図 5 より示す。この結果から、1 年での輸送を見積もった場合、費用はほとんど発生しないことがわかった。最後に、特定廃家電におけるライフサイクルコストを図 6 に示す。分別仮置場～リサイクル工場間は 10t トラックに安全のため平置きで特定廃家電を輸送すると仮定した。結果から、仮置場における保管・分別費用が最もかかり、次に分別仮置場～リサイクル工場間輸送費用となり、処理に関する費用はほとんどかからないことがわかった。

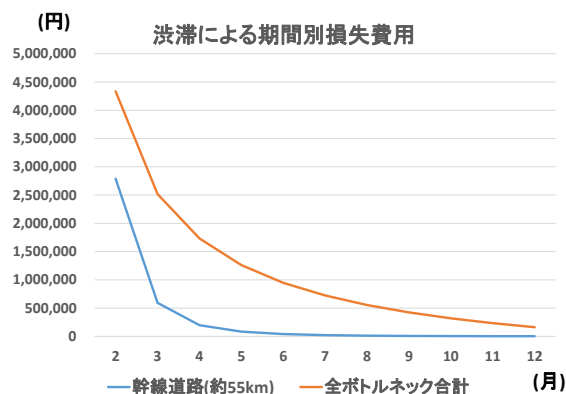


図5 渋滞による期間別損失費用

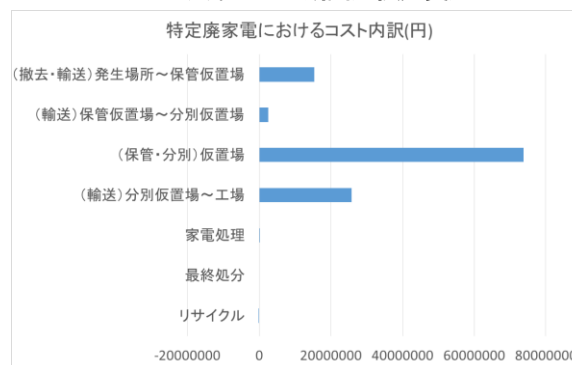


図6 特定廃家電における費用内訳

4. おわりに

本稿では自区内における災害廃棄物輸送システムの費用分析を行った。具体的にはトラック輸送最適化を行い、トラック必要台数を算出し、それに伴うトラック渋滞の期間別費用や特定廃家電処理における費用を算定した。結果、仮置面積評価では廃棄物を余剰面積に配分しなければならないメッシュがあることや特定廃家電処理を通して、廃棄物の処理費用よりも搬入・保管・分別費用が圧倒的にかかることや、輸送最適化を行っても輸送・渋滞費用に多くかかっていることが示唆された。今後は可燃物も対象にいて研究する予定である。

謝辞

本研究の一部は、環境研究総合推進費(3K143015、3K143016)の助成を受けて実施した。

引用文献

- 1) 田畑ら: 土木学会論文集 G(環境), 71, (2015), pp.II_441-II_449
- 2) 環境省: 巨大災害発生時における 災害廃棄物対策のグランドデザインについて, 2014
- 3) 環境省: 東日本大震災に係る災害廃棄物処理事業の取り扱いについて, 2012
- 4) 元田ら: 震災発生時の避難行動と復興途上の交通運用管理の研究, 2014
- 5) 三重県: 三重県災害廃棄物処理計画, 2015
- 6) 土木計画学研究委員会: 道路交通需要予測の理論と適用, 2003