

第IV部門 大規模災害廃棄物処理における輸送計画問題に関する提案

関西大学大学院 学生員 ○横山 大
 関西大学 正会員 井ノ口弘昭
 関西大学 正会員 秋山 孝正

1. はじめに

近年南海トラフ地震が想定され、東日本大震災の災害廃棄物処理の経験から学習し、巨大地震に対する有効な災害廃棄物処理の手順を構築する必要がある。

このため、本研究では災害発生時に想定すべき基本的な廃棄物処理手順を明確にする。すなわち廃棄物処理施設の事前設定に基づく、段階的な処理過程を道路輸送問題の合理的組み合わせとして提案するとともに具体的な運用方法に関して方法論的な提案を行う。

2. 災害廃棄物処理の概要

2.1 大規模災害廃棄物処理の想定

本研究では、大規模災害廃棄物処理の事例を踏まえて、標準の手順を図-1のように整理した¹⁾。本図で現実的廃棄物処理に関して、①処理施設の妥当な事前設定、②廃棄物発生予測の見直し、③廃棄物処理施設の設定変更、④時系列的な道路環境モニタリング、⑤総交通費用（時間費用）を最小化するなどの点を中心とする。すなわち、南海トラフ地震などの将来大規模災害発生時に想定される廃棄物処理に期待される必要要件を提案している。

2.2 災害廃棄物処理のモデル化

前節に示した現実的な災害廃棄物処理に対して、ここでは、不確実事象として、②廃棄物発生予測の見直しを中心に数理的モデル分析を実行する。

図-1に示す災害廃棄物処理の網羅的な手順に対して、主要点を単純化した数理計画モデルを構成する。

すなわち、①道路交通状況変化ない、②処理施設の空間的配置・容量は設定済み、③1次処理・2次処理の相違がない、④単位期間（1ヶ月）に全区間の輸送が完了するとする。

このような設定条件にしたがうと、数理計画モデルはつぎのように定式化できる。

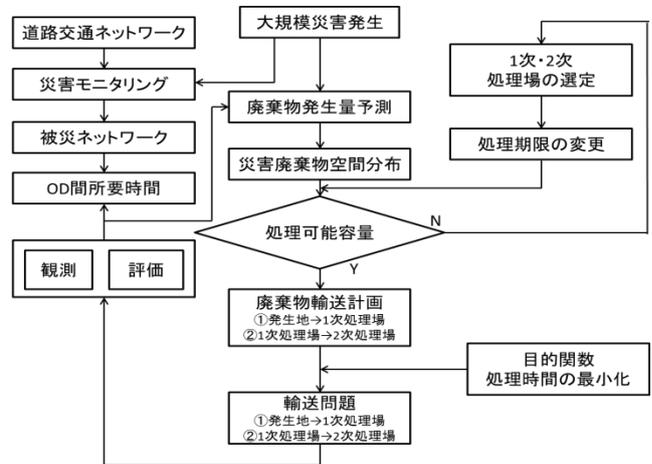


図-1 大規模災害廃棄物処理手順

$$\min z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_1} c_{ij}^{(1)} x_{ij}^{(1)} + \sum_{j=1}^{n_1} \sum_{k=1}^{n_2} c_{jk}^{(2)} x_{jk}^{(2)} \quad (1)$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^{n_1} x_{ij}^{(1)} \geq d_i, \quad \forall i \in D \quad (\text{地域別発生量})$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij}^{(1)} \leq e1_j, \quad \forall j \in E_1 \quad (\text{1次処理量})$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij}^{(1)} = \sum_{k=1}^{n_2} x_{jk}^{(2)}, \quad \forall j \in E_1 \quad (\text{1次処理量})$$

$$\sum_{j=1}^{n_1} x_{jk}^{(2)} \leq e2_k, \quad \forall k \in E_2 \quad (\text{2次処理量})$$

ここで、 $c_{ij}^{(1)}, x_{ij}^{(1)}$: 発生地域 i から第 1 次処理場 j までの輸送単価・輸送量、 $c_{ij}^{(2)}, x_{ij}^{(2)}$: 第 1 次処理場 i から第 2 次処理場 j までの輸送単価・輸送量、 d_i : 発生地域 i で処理が必要な廃棄物量（1ヶ月）、 $e1_i, e2_i$: 第 1 次・第 2 次処理場 i で処理可能な廃棄物量（1ヶ月）である。

制約条件として、30ヶ月で処理が完了するための1ヶ月あたりの必要処理量、第1次処理場・第2次処理場の処理可能容量、第1次処理場に関する均衡条件を設定する。これらの制約の基で、輸送費用が最小となる輸送計画を立案する。

3. 災害廃棄物処理の数理計画モデル

ここでは、具体的な災害廃棄物処理モデルを構成する。

図-2 に数計算例の概要を示す。

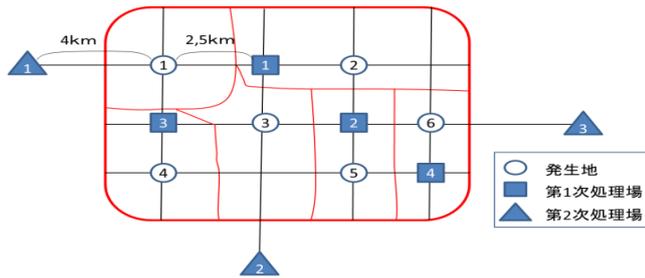


図-2 災害廃棄物処理の構成要素

本図では、災害廃棄物発生場所：6箇所、第1次処理場：4箇所、第2次処理場：3箇所を設定する。災害廃棄物発生地点～第1次処理～第2次処理の移動について、上記道路ネットワークの最短経路に基づいて、時間費用に換算する。その結果0.9万円～1.9万円の範囲で算定された。

また廃棄物処理施設には単位期間あたりの処理可能容量が設定される。具体的な設定値を表-1に示す。

表-1 廃棄物処理施設の処理可能容量

	1	2	3	4
第1次処理場	8,000	6,000	7,000	5,000
第2次処理場	12,000	9,000	4,000	-

単位：1ヶ月あたり t

つぎに、運用では6ヵ月単位ごとに災害廃棄物推計値が修正される。ここで、初期廃棄物推計値を41万tとして、処理期間30ヵ月を想定したすべての地点間の輸送パターンが算定される。図-3では地点②を出発地とする運行パターンを示している。

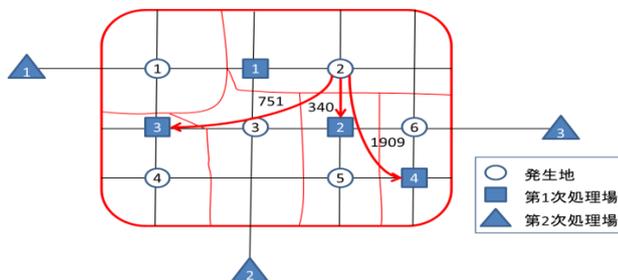


図-3 廃棄物輸送パターン(発生地②⇒1次処理場)

総輸送費用は15.7億円である。時間費用に対応した総輸送費最小化の輸送計画を立案できた。

つぎに、廃棄物推計値の修正過程を検討する。当該時点での残存廃棄物量に対して、1ヵ月単位の廃棄物処理量を算定する。このとき、①処理可能容量が十分でない

場合には最大量を設定する。②推計処理量(1ヶ月)が処理可能量以内の場合、修正の必要はない。

本例では、廃棄物量推計値は3回修正された。第3回(19ヶ月)の修正値では、必要処理量が初期の2.8倍である。30ヵ月では処理が完了しない。

当初より最終的な廃棄物発生量を推計した場合でも、31ヵ月必要となる。そこで、30ヵ月以内で処理を完了する輸送計画を検討する。第2次処理場の総処理可能量が十分でないため、3箇所の第2次処理場の容量を1つ1000t/月増加させることで、各ケースの総輸送費用を表-2に示す。

表-2 各ケースの総輸送費用

容量増加施設	総輸送費用(億円)
第2次処理場1	31.17
第2次処理場2	31.14
第2次処理場3	30.74

この結果、第2次処理場3の容量を増加したとき、総輸送費用が最も安価となる。これは、処理場の空間配置によるもので、処理場の容量を検討する際は、空間配置を合わせて検討することで、効率的な輸送が可能となる。

4. おわりに

大規模災害における廃棄物処理における輸送計画の構成を検討した。本研究における主要な成果は以下のように整理できる。

- ① 大震災時の廃棄物処理を参考として、標準的廃棄物処理手順を提案した。これより、現実の廃棄物処理上で想定すべき諸条件について整理した。
- ② 災害廃棄物処理の基本的な数理計画モデルを作成した。数値計算例を用いて、初期の廃棄物処理施設の容量設定が示された。

本研究の今後の課題として、①廃棄物処理計画における不確実性に関して、災害廃棄物量の推計値の時間変化を検討②災害復興過程の道路ネットワーク変化、③多種類の災害廃棄物処理、などの検討が挙げられる。

参考文献

- 1) 廃棄物資源循環学会：「災害廃棄物別分別・処理実務マニュアル」ぎょうせい、2012
- 2) 環境省：「東日本大震災に関わる災害廃棄物の処理指針(マスタープラン)」,2011