

震災時におけるし尿の広域的輸送計画に関する一考察

首都大学東京大学院 ○学生員 梅沢 元太
 首都大学東京大学院 正会員 荒井 康裕
 首都大学東京大学院 フェロー 小泉 明
 (公財) 廃棄物・3R 研究財団 田崎 滋久

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災において、我が国は甚大な被害を被った。この震災において、宮城、岩手、福島の沿岸部に建設された幾つかのし尿処理施設も被害を受け、停止を余儀なくされた。

し尿の処理は公衆衛生を保つ上で重要であり、必要不可欠である。そのため、処理施設が被災して停止した際には、し尿を処理するために他施設へ依存することになる。過去の研究¹⁾において、小規模施設の統廃合を踏まえ、施設配置の検討を目的とした処理システムの広域化に関する最適化モデルが提案されているが、震災時においても県内施設のみでは処理が追い付かず、他県施設に協力を要請する必要性も考えられる。

そこで本研究では、震災前後の処理シナリオ(case1からcase4)を設定した上で、線形計画法(LP: Linear Programming)による ton・km 最小化を目的とする各々の最適輸送計画案を提示し、震災時における県外との協力処理の必要性及び広域的輸送の課題を明らかにすることを旨とする。

2. 震災時の処理シナリオ設定

研究対象は33の市町村で構成されているI県とする。I県は現在13箇所(AからM)のし尿処理施設でし尿・浄化槽汚泥を処理しており、県外との協力処理を行う際には9箇所(NからV)の施設が候補となる。

(1) 県内施設のみで処理する場合

県内の13施設で対応するケース(沿岸部の被災前)を「case1」とし、被災時に沿岸部の県内施設A, B, G, J, Mが機能停止に陥り、県内の稼働施設のみ(8施設)で対応するケースを「case2」とする。

(2) 県外施設との協力処理を実施する場合

被災時に県内の8施設と隣接する県の9施設で連携して処理を行うことを想定する。「case3」は県外施設からの協力が不十分な場合、「case4」は県外施設からの積極的な協力が得られる場合と仮定する。

なお、case2,3及び4に関しては停止した施設で従前扱っていた処理量をどこかに分配して処理しなくてはならず、仮設ピットを設置する等の対応が必要となる。以降の計算は、これらの仮設ピットを必要なだけ設置

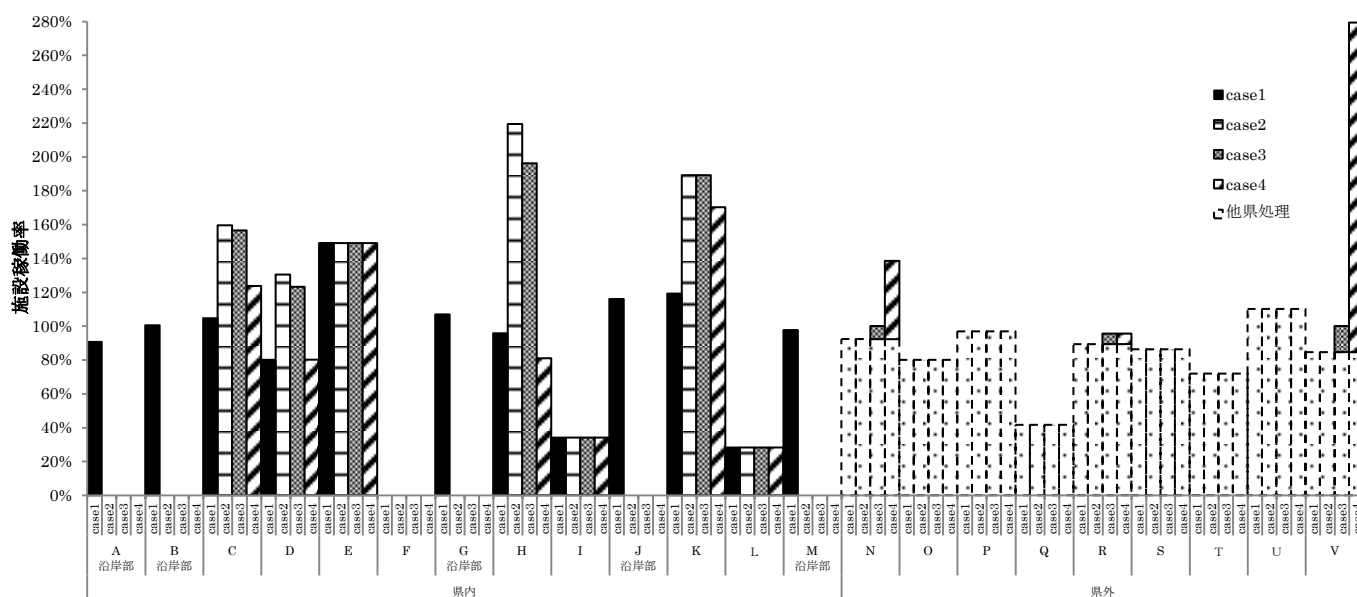


図-1 施設稼働率

【キーワード】し尿処理 広域的輸送 線形計画法 震災

【連絡先】〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 TEL.& FAX.042-677-2947

できると仮定し、当該施設の許容量に上限値を設けずに計算を行うこと（ただし、case3 において県外施設は施設規模から実際に処理されている量を差し引いた余裕量のみ受け入れが可能とする）により、震災時における重要拠点を明らかにする。

3. 輸送計画モデルの作成

上述したシナリオに関して、以下の目的関数及び制約条件のもとで LP によって計算を行う。

$$\text{【目的関数】 } \text{ton} \cdot \text{km} = \sum_j X_{ij} l_{ij} \rightarrow \min$$

$$\text{【制約条件】 } Q_i = \sum_j X_{ij} \quad (i=1,2,\dots,33)$$

$$q_j \geq \sum_i X_{ij} \quad (j=A,B,\dots,V)$$

ここで、添え字 i, j は地域 i (1~33) の施設 j (A~V) を表す。また、 X_{ij} : 地域 i から施設 j への輸送量 [kL/day], l_{ij} : 地域 i から施設 j までの最短輸送距離 [km], Q_i : 地域 i の発生量, q_j : 施設 j の受入れ許容量を示す。

4. モデルによる分析結果

各ケースにおける施設稼働率（施設規模と処理量が等しい状態を 100%とする）を図-1 に示す。case1 及び case2 を比較すると、被災時には施設 H 及び K の依存度が高まることがわかる。この状況は、県外の協力が得られる case3 においても変わらず、県内施設 F や県外施設 Q のように余裕がある施設が存在するにも関わらず、一部の施設に大きな負担が強いられている。また、case2 及び case4 を比較することにより、施設 H の利用率は大きく下がり、N 及び V の依存度が高まることがわかるが、先ほどと同じように限定的な施設利用の傾向が伺える。

ここで、図-1 において施設稼働率に顕著な変化が見られた case2 及び case4 の輸送状況をそれぞれ図-2 及び図-3 に示した。尚、各ケースにおける輸送状況の図において、実線の円の大きさと施設稼働率を表し、点線の円で稼働率が 1.0 の目安を表している。case2 においては沿岸部で処理していた分を施設 C, D, H, K で受け持っているが、case4 においては沿岸部の 7 エリアが施設 N へ、6 エリアが施設 V へと輸送しており、共同処理の際は、この 2 つの施設が重要拠点になるであろうと考えられる。

次に、各ケースにおける $\text{ton} \cdot \text{km}$ の結果を図-4 に示す。被災前の case1 と被災後の case2 を比較すると $\text{ton} \cdot$

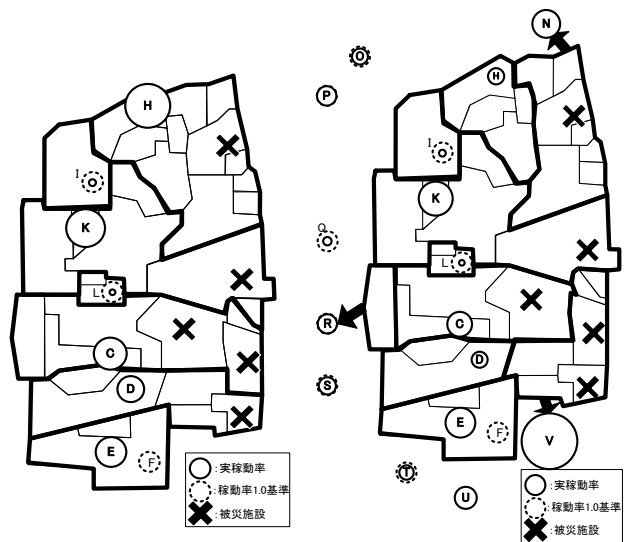


図-2 case2 輸送状況

図-3 case4 輸送状況

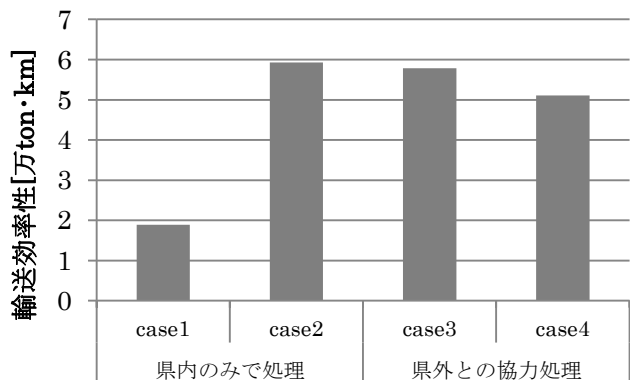


図-4 輸送効率性

km は 3.1 倍増加していることがわかる。また、県外施設との共同処理において、県外施設の協力が不十分な case3 では case2 からの削減量が僅かであるのに対し、十分な協力が得られる case4 での $\text{ton} \cdot \text{km}$ は県内のみで処理した時よりも 13.8%削減可能であることが伺える。これより、震災時には県外施設の積極的な協力処理に基づく広域化が有効であることが確認できた。

5. おわりに

県外との協力処理によって $\text{ton} \cdot \text{km}$ の削減が望め、広域的処理の必要性が確認できた。特に施設 N 及び V のポテンシャルは高く、協力処理において重要な施設となる。ただし、利用施設が限定的となり、特定の施設に依存度が高まるといった問題も明らかとなった。今後は、広域輸送の一層の効率性向上を図るべく、中継基地を組み込んだ輸送最適化モデルの開発研究に取り組んでいきたい。

【参考文献】1) 西出成臣, 荒井康裕, 小泉明, 田崎滋久: 混合 IP モデルによるし尿・浄化槽汚泥の広域処理計画に関する一考察, 第 15 回廃棄物学会研究発表会講演論文集 I, pp.296-298, 2004