

首都直下型地震を想定した東京都23区の 災害廃棄物処理量シミュレーション

An Evaluation of Disaster Waste Transportation Management using Traffic Simulation Model for the Anticipated Near-field Earthquakes in the Tokyo Metropolitan Area

飯島 護久¹・花房 比佐友²・永田 尚人³・平山 修久⁴・上村 俊一⁵

¹正会員 株式会社アイ・トランスポート・ラボ (〒101-0052 東京都千代田区神田小川町三丁目10新駿河台ビル9階)

E-mail:iijima@i-transportlab.jp

²正会員 株式会社アイ・トランスポート・ラボ

E-mail:hanabusa@i-transportlab.jp

³正会員 株式会社熊谷組

⁴正会員 名古屋大学減災連携研究センター

⁵ 一般財団法人日本プロジェクト産業協議会

本稿は、首都直下型地震の状況を想定した災害廃棄物処理方法について交通シミュレーションを実施し、廃棄物運搬車および災害廃棄物仮置場の設置によって発生する混雑エリアの推測および、廃棄物運搬車による混雑を緩和するための対策シナリオの評価と、混雑による廃棄物運搬車の遅れをある程度考慮した日単位・500mメッシュ単位の災害廃棄物処理量の算出までの手法を解説するものである。

Key Words : Traffic simulation, Transportation planning, Disaster, Waste disposal

1. はじめに

大規模災害時に大量に発生する災害廃棄物は通常の廃棄物発生量の十数年分に相当すると言われ、東日本大震災では13道県で約2,000万トン¹⁾、熊本地震では約100~130万トン²⁾の廃棄物が発生した。これらの膨大な災害廃棄物は被災地における復旧活動や復興の妨げとなることから、速やかに処理されることが課題となっている。速やかな復旧・復興のため、廃棄物の発生場所・種類・量の把握、廃棄物の管理・処分計画を整備しておくことは重要である。

本稿は、将来の災害に備えた災害廃棄物処理および量的・質的管理システムの一環として、首都直下型地震による東京23区内の災害廃棄物発生量の推定結果³⁾と廃棄物処理の前提条件に基づき、廃棄物運搬車を含んだ交通シミュレーションを行い、廃棄物運搬車によって混雑するエリアの推測、混雑を緩和するための施策の提案、および500mメッシュの災害廃棄物処理量の算出手法について解説するものである。

2. 災害廃棄物シミュレーションの前提条件

(1) 災害廃棄物発生量と処理計画

シミュレーション対象エリアは首都直下地震が想定される東京 23 区エリアとした。首都直下地震によって発生する廃棄物は東京 23 区全体で約 5,736 万トンと想定されている (図 1)。全体の廃棄物の 40%を混合廃棄物、60%を不燃廃棄物と仮定し⁴⁾、混合廃棄物を日量 4 万トンを 2 年間で、不燃廃棄物を日量 8 万トンを 1.5 年間で処理出来るよう処理計画を設定した。

(2) 災害破棄物仮置場の設定

廃棄物処理輸送のための仮置場は災害廃棄物の種類ごとに 1 次・2 次に分類し設定した (図 2)。

a) 1次仮置場

混合廃棄物の 1 次仮置場は 1 m²以上の区立公園を含んだ 500m メッシュを各区に 3 箇所以上設定した。1 箇所あたり日量 50 トンまでを処理できる前提とし、50 トンを超える分については新たな仮置場を設定した。

不燃廃棄物は各区役所を仮置場と定め、区役所が存在する 500m メッシュを不燃廃棄物の 1 次仮置場とした。

b) 2次仮置場

混合廃棄物の 2 次仮置場は 砧公園・光が丘公園・篠崎公園・大井埠頭中央海浜公園・中央防波堤

埋立処分場の 5 箇所とした。

不燃廃棄物の 2 次仮置場は中央防波堤埋立処分場の 1 箇所とした。

c) 最終処分

混合廃棄物のうち最終的に処理出来ないものについては、2 次仮置場から都外へ高速道路および鉄道・舟運で都外に搬出すると仮定した。2 次仮置場と搬出経路の組み合わせは、砧公園→東名高速、光が丘公園→関越道、篠崎公園→隅田川貨物駅（鉄道）、大井埠頭中央海浜公園→東京貨物ターミナル駅（鉄道）、中央防波堤埋立処分場はその場から舟運で搬出である。

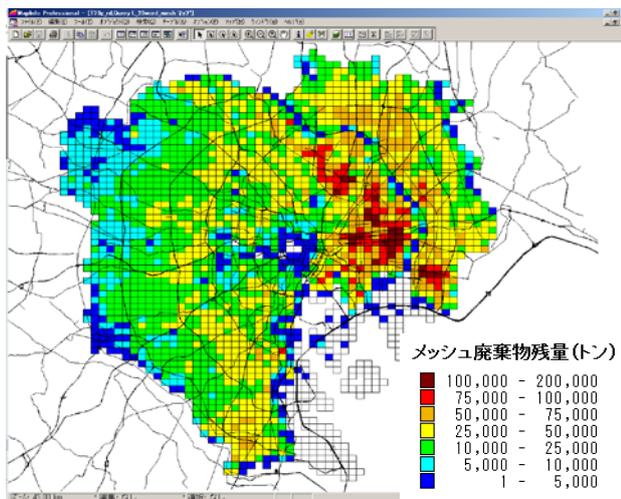


図 1 首都直下地震発生時の 500m メッシュ廃棄物量

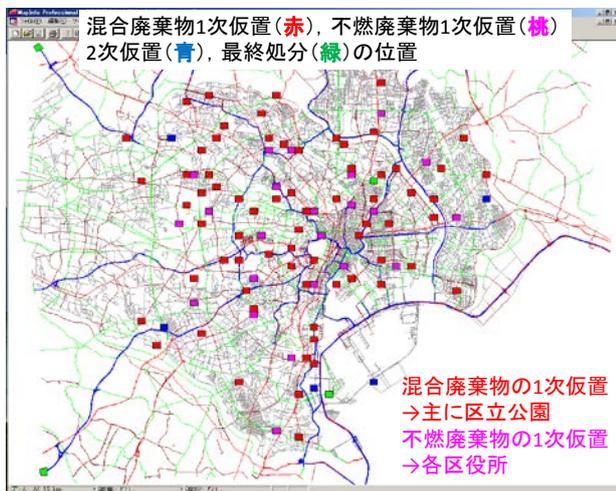


図 2 仮置場の配置

(3) 廃棄物運搬車の設定

a) 1 次輸送

災害廃棄物が発生する 500mメッシュから最寄りの 1 次仮置場までを 4 トン積小型トラックでの 1 次輸送とし、阪神淡路大震災における実績を元に 1 台

あたりの積載量を 2.3 トン⁴⁾とした。

1 日にあたりの 1 次輸送車発生台数は混合廃棄物の目標処理量 4 万トン/日 ÷ 2.3 トン/台 = 17,391 台/日、不燃廃棄物の目標処理量 8 万トン/日 ÷ 2.3 トン/台 = 34,782 台/日とし、それぞれの台数を図 1 に示した各 500m メッシュごとの廃棄物量で按分した。

b) 2 次輸送・最終処分

1 次仮置場から最寄りの 2 次仮置場までは 10 トン積大型トラックによる 2 次輸送とし、1 台あたりの積載量を 7.0 トン⁴⁾と仮定した。

1 日あたりの 2 次輸送の発生台数は、1 次輸送による仮置場への総搬入量 12 万トン/日 ÷ 7.0 トン/台 = 17,190 台/日とし、各 1 次仮置場の搬入量で按分した。

2 次仮置場で処理しきれない廃棄物を都外へ搬出するための最終処分は、混合廃棄物の半数（2 万トン/日）が発生すると仮定し、10 トン積の大型車による輸送とした。最終処分の輸送車両の発生台数は 2 万トン ÷ 7.0 トン/台 = 2,857 台/日とした。

c) 廃棄物運搬車の運用時間と通行規制

廃棄物運搬車の運用時間は 9 時～18 時（12 時～13 時は停止）の 8 時間とし、日発生交通量を 8 等分して 1 時間ごとの需要として与えた。

10 トン積大型トラックの細街路への進入が困難であることを表現するため、シミュレーションに用いる道路ネットワークの“片側 1 車線の市区町村道”は、仮置場までのアクセスのために通行する必要がある場合を除いて通行できないものとした。

(4) 現況再現ケースの設定と作成

現況再現ケースはシミュレーション実行に必要な入力データ（道路ネットワークデータ、OD 交通量データ、ゾーンデータ、交通規制データ）を作成し、実測データとシミュレーション結果を比較しながら、現況再現ケースのパラメータを調整した。パラメータ調整のための検証用実測データは、道路交通センサスデータとした。

a) 道路ネットワークデータ

道路ネットワークデータは、住友電工製品全国デジタル道路地図データベース Ver2503 を用いた。シミュレーションに入力する道路の対象は、幅員 5.5 m 以上の全ての道路を対象とした。

b) OD 交通量データ

OD 交通量データは国土交通省所有の道路交通センサス OD データ（平成 17 年度）を利用した。但し、道路交通センサス OD データは日交通量であるため、道路交通センサスデータの時間帯別交通量を参考に時間係数を車種別に作成し初期 OD 交通量を作成した。その後、シミュレーション結果と道路交通センサスデータの断面交通量と比較・調整し、最終的な現況再現ケースの OD を作成した。

c) ゾーンデータ

通常交通の車両発生集中ゾーンデータは交通センサス OD データに対応するセンサス B ゾーン，廃棄物運搬車の発生集中ゾーンは東京 23 区エリアに対応した 500m メッシュのゾーンとした。

d) 交通規制データ

交通規制データとして信号制御データを入力した。信号制御データは，主要幹線道路が交差する交差点において一定の_SPLIT で青時間を表示する設定とした。

表 1 に現況再現ケースの規模の概要を示す。

表 1 現況再現ケースの概要

リンク数(上下線別)	91, 941
ノード数	53, 005
車両発生集中ゾーン数 (センサス B ゾーン)	219
車両発生集中ゾーン数 (500m メッシュ)	2, 368
小型車発生台数	6, 293, 782
大型車発生台数	1, 002, 091
シミュレーション時間	午前 4 時～翌午前 4 時

3. 災害廃棄物シミュレーション

(1) シミュレーションケースの設定

シミュレーションケースは現況再現ケースの他，以下の廃棄物処理ケースを設定した。廃棄物処理ケースで設定した廃棄物運搬車の発生台数を表 2 に示す。

- ・廃棄物処理ケース 1
(現況 OD+廃棄物運搬車 OD)
- ・廃棄物処理ケース 2
(現況 OD+廃棄物運搬車 OD, 外環道の千葉区間全線と東京区間が湾岸線まで開業)
- ・廃棄物処理ケース 3
(現況 OD+廃棄物運搬車 OD, 廃棄物運搬車の首都高通行料金無料)

表 2 廃棄物シミュレーションの廃棄物運搬車発生(運用)台数

小型廃棄物運搬車	52, 173
大型廃棄物運搬車	20, 047

(2) シミュレーションモデルについて

本稿のシミュレーションの計算に用いた交通シミュレーションモデルは SOUND (Simulation on Urban road Network with Dynamic route choice)⁵⁾とした。このモデルは数km～数 100km 規模の広域道路ネットワークにおける面的な施策評価に適用可能であり，

事故や工事による車線閉塞，通行止め，走行中の交通状況変化や通行料金に応じた動的な経路選択が表現可能である。

(3) 廃棄物運搬車による混雑エリア

現況ケースと廃棄物処理ケース 1～3 のシミュレーションとのリンク交通量およびリンク速度の差分図を作成し(図 3～図 5)，廃棄物処理運搬車による影響が著しいエリアおよび路線について確認を行った。廃棄物処理ケース 1～3 を通して速度低下の著しいエリア・区間は以下の通りである。

- ・環状八号線 上高井戸交差点～東京 IC
- ・目白通り 練馬区役所～練馬 IC
- ・船堀街道 京葉道路交差点～葛西橋通り交差点
- ・晴海通り 三原橋交差点～晴海交差点
- ・柴又街道 蔵前橋通り交差点～篠崎公園
- ・国道 246 号線 渋谷駅付近～三軒茶屋駅付近
- ・お台場地区 お台場～中央防波堤アクセス道路

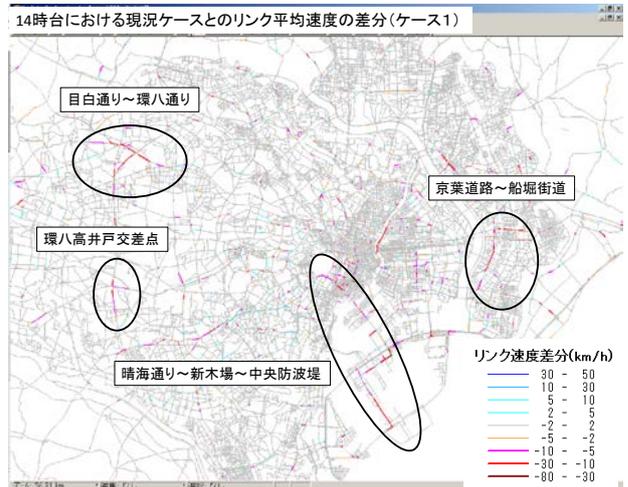


図 3 現況ケースと廃棄物処理ケース 1 の平均速度の差分

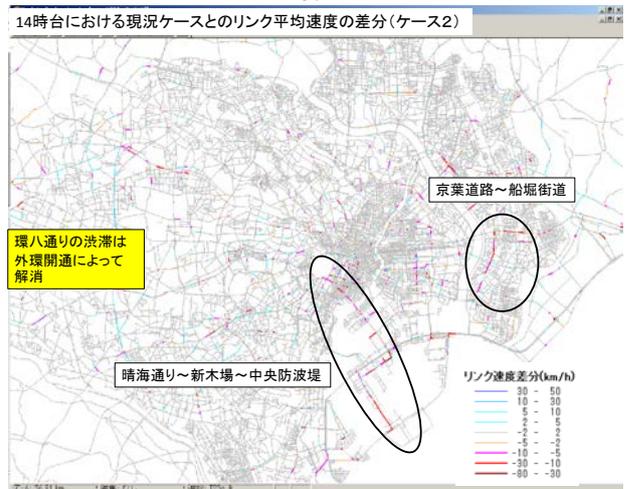


図 4 現況ケースと廃棄物処理ケース 2 の平均速度の差分

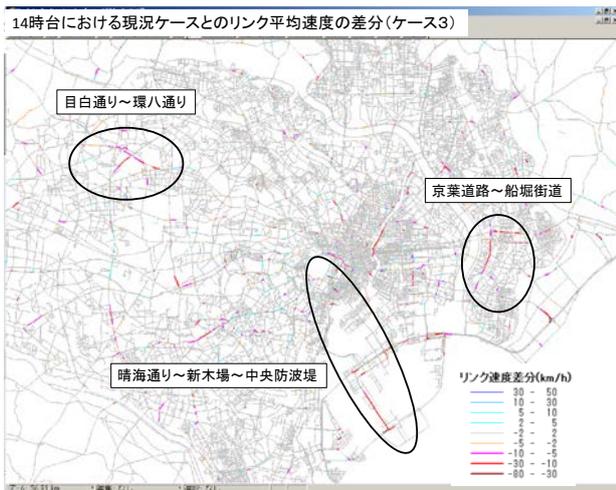


図 5 現況ケースと廃棄物処理ケース 3 の平均速度の差分

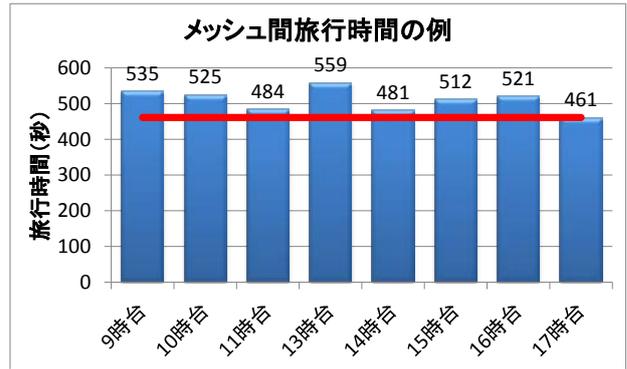


図 6 基準旅行時間と遅れの割合

(2) 混雑による災害廃棄物処理の遅れ

a) 処理の完了の表現について

廃棄物運搬車に積み込んだ廃棄物の処理は、廃棄物が発生した 500m メッシュと 1 次仮置場間に与えた廃棄物運搬車が 500m メッシュを出発して仮置場に到着した時点で 2.3 トンの処理が完了したと表現する。

例として、ある 1 時間に 500m メッシュを出発した 10 台の廃棄物運搬車が 1 次仮置場に 10 台到着した時点で、その 500m メッシュは $2.3 \text{ トン} \times 10 = 23 \text{ トン}$ の処理が完了したことになる。

b) 処理の遅れの表現について

シミュレーションではある 1 台の廃棄物運搬車を廃棄物の積込場所と仮置場、則ち出発地と目的地を入れ換えながら計算することが出来ない。そのため、道路混雑によって廃棄物運搬車が予定した時間通りに出発できないことによる廃棄物処理の遅れを以下の手法で表現することとした。

1 次輸送の廃棄物運搬車が運用される 9 時～17 時台の間で、旅行時間の一番短い時間帯の旅行時間を基準旅行時間とし、基準旅行時間からの遅れの割合（達成率と呼ぶ）を処理が出来なかった割合と同値であると仮定して遅れの影響を処理量に反映した。

図 6 はある 500m メッシュから 1 次仮置場までの時間帯別旅行時間を示したもので、17 時台の旅行時間を基準旅行時間とし、もっとも混雑した 13 時台の達成率は 82.5% (461 秒/559 秒) であり、則ち計画の 17.5% が処理出来なかったことになる。

図 7～図 10 に、処理の遅れが無いと仮定したケースおよびケース 1～ケース 3 の廃棄物処理開始から 500 日後の 500m メッシュの廃棄物残量の主題図を示す。

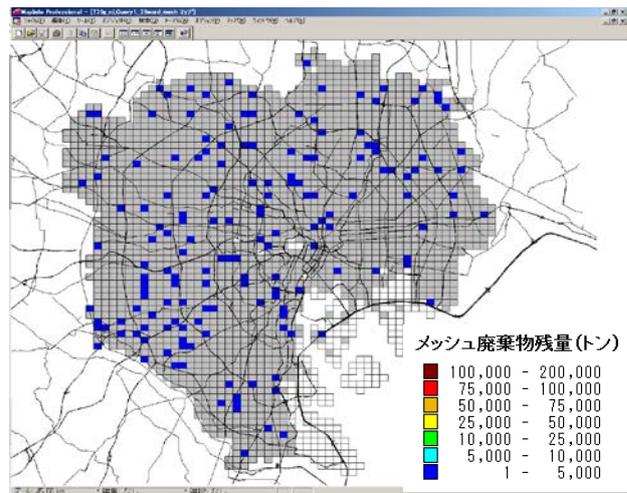


図 7 処理の遅れが無いと仮定した場合の処理開始 500 日後の 500m メッシュの廃棄物残量

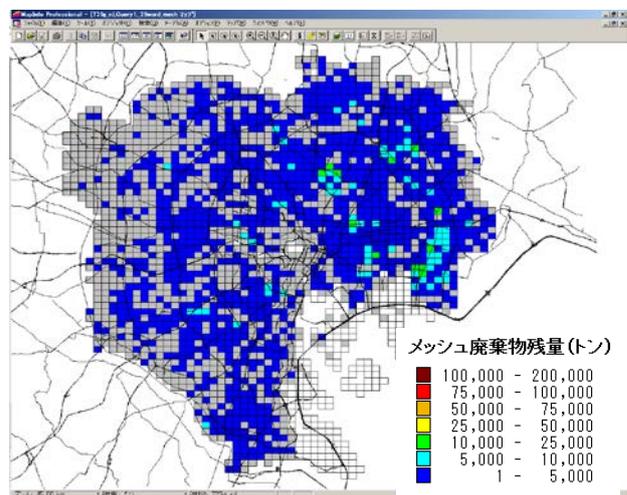


図 8 ケース 1 の 500 日後 500m メッシュ廃棄物残量

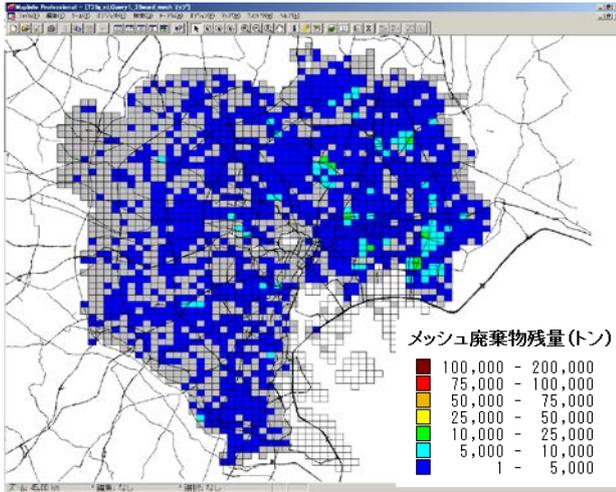


図 9 ケース 2 の 500 日後 500m メッシュ廃棄物残量

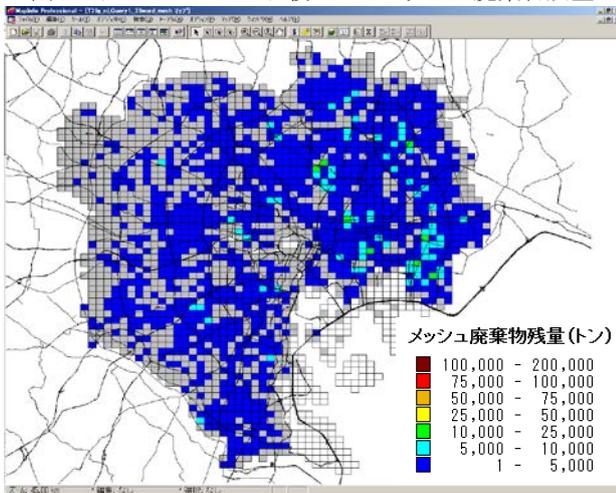


図 10 ケース 3 の 500 日後 500m メッシュ廃棄物残量

表 3 各ケースの廃棄物処理が完了する日数

	全ての 500m メッシュで 廃棄物残量が 0 になる日数
処理の遅れが 無いケース	660 日
ケース 1	725 日
ケース 2	> 730 日
ケース 3	719 日

4. 本シミュレーション成果と課題

東京 23 区エリアの広域シミュレーション上で 500m メッシュごとの廃棄物発生量に応じた廃棄物運搬車の需要を与え、それによる一般交通への影響

を確認することが出来た。また、交通混雑による処理の遅れを 500m メッシュ単位で簡易的ながら再現することが出来た。

本シミュレーションの課題として、仮置場では積み下ろしの処理時間や積み下ろし可能な台数の制約といった条件を考慮していないため、仮置場で発生し得る廃棄物運搬車の滞留とその滞留列が一般交通に与える考慮していない。また、混雑による災害廃棄物処理の遅れの節でも述べたが、廃棄物運搬車の混雑による到着遅れを考慮することなく 500m メッシュや仮置場から発生させているため、混雑による遅れを正しく表現していない。

今後はこれらの課題に対して適切な表現が出来るようシミュレーションの設定の見直しやシミュレーションモデルの改修で対応する予定である。

5. まとめ

以上、大規模災害時における廃棄物輸送車のシミュレーションへの実装とメッシュ単位での廃棄物の処理の進捗を表現する手法について述べた。今後はこの仕組みを用いた大規模災害時における廃棄物の輸送計画や仮置場の設置計画などにシミュレーションを用いた結果が活用されることが期待される。

参考文献

- 1) 環境省災害廃棄物対策情報サイト, 東日本大震災による被害の状況
http://kouikishori.env.go.jp/archive/h23_shinsai/damage_situation/
- 2) 環境省災害廃棄物対策情報サイト, 平成 28 年熊本地震における災害廃棄物対策について
http://kouikishori.env.go.jp/archive/h28_shinsai/
- 3) 平山修久,河田恵昭,奥村与志弘: 東日本大震災における災害廃棄物量の推定と災害対応,一般財団法人廃棄物循環学会学会誌 Vol.23,No.1 震災廃棄物処理特集(1) 第 23 巻第 1 号,平成 24 年 1 月
- 4) 環境省平成 27 年度巨大災害発生時における災害 廃棄物対策検討委員会 技術・システム検討WG 東日本大震災における災害廃棄物概要報告書,平成 28 年 3 月
- 5) 岡村寛明, 桑原雅夫, 吉井稔雄, 西川功: 一般街路網シミュレーションモデルの開発と検証, 第 16 回交通工学研究発表会論文集, pp.93-96, 1996.